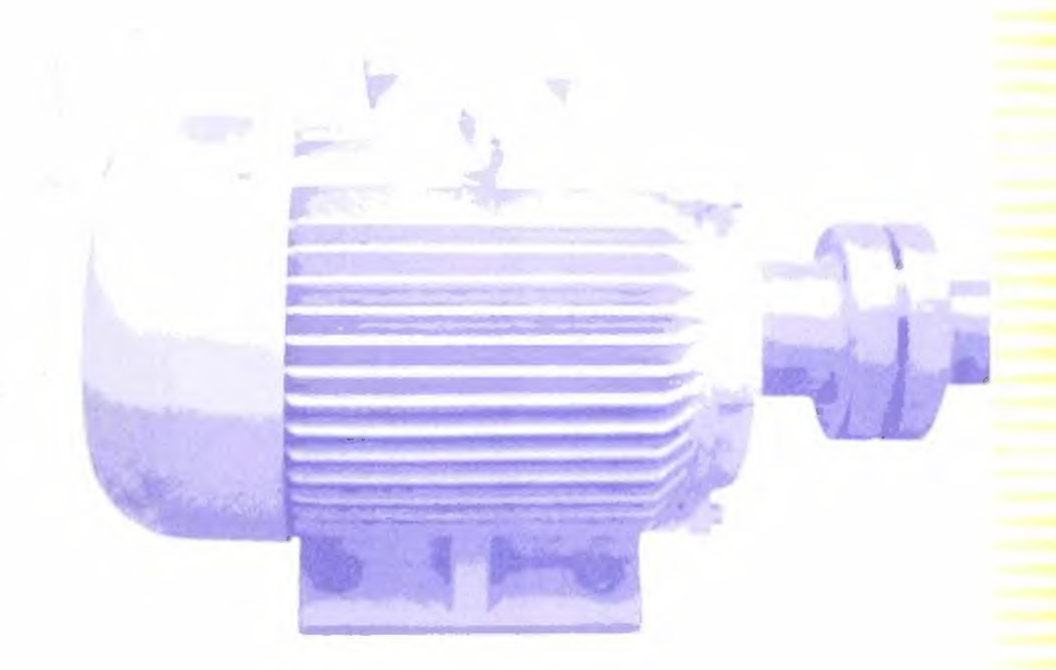
高等职业学校教材

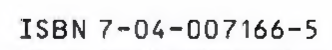
异步电动机重绕技术

吕景俊 编著

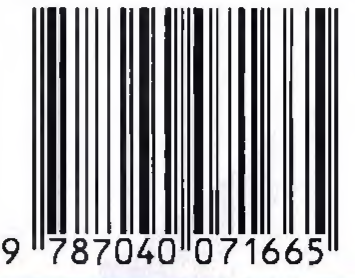


高等教育出版社





ISBN 7-04-007166-5



定价 9.40 元

高等职业学校教材

异步电动机重绕技术

吕景俊 编著

高等教育出版社

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

异步电动机重绕技术/吕景俊编著. -北京：高等教育出版社,1999
ISBN 7-04-007166-5

Ⅰ.异… Ⅱ.吕… Ⅲ.异步电动机-绕组 Ⅳ.TM343.031

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第02118号

书　名	异步电动机重绕技术		
作　者	吕景俊　编著		
出版发行	高等教育出版社		
社　址	北京市东城区沙滩后街55号	邮政编码	100009
电　话	010—64054588	传　真	010—64 4048
网　址	http://www.hep.edu.cn		
经　销	新华书店北京发行所		
印　刷	国防工业出版社印刷厂		
开　本	850×1168　1/32	版　次	1999年5月第1版
印　张	7.125	印　次	1999年5月第1次印刷
字　数	170 000	定　价	9.40元

责任编辑　王军伟
封面设计　李卫青
责任绘图　李维平
责任印制　杨　明

内容提要

本书系统介绍了三相、单相异步电动机重绕的理论与实践，重点介绍了重绕实践。

全书分三部分。第一部分为重绕理论，包括异步电动机旋转原理、定子布线规律、空壳重绕计算、单相机的调速、三相机改作单相运转、绕组故障检修等；第二部分为重绕实验，包括八个实验：拆旧电机、制放槽绝缘、制做绕线模与嵌线工具、绕线嵌线、隔相接线、初测试转、浸漆烘干、组装试验；第三部分为附录，列有各种常用的异步电动机铁心、绕组数据、以及重绕常用材料等。

本书可作为高等职业院校、大专院校教材，也可作为中等职业学校电机专业和电动机专业人员的参考用书。

前　　言

异步电动机在人类生产和生活中有着极其广泛的用途，特别是单相异步电动机，被称为电器的心脏。随着我国经济建设的迅速发展，这类电动机的保养、维修任务越来越繁重，迫切需要大量的既懂理论又懂实践的电机专业人员。为适应社会需要，笔者总结自己多年从事电机理论教学和实践教学的经验，从教与学紧密结合的角度出发，编写了《异步电动机重绕技术》一书，以满足读者需要和提高电机专业人员的技术水平。

本书从理论和实践两个方面系统地介绍了三相、单相异步电动机的结构特点、旋转原理、定子绕组分布原则与布线规律、绕组故障分析与排除以及重绕工艺和空壳重绕计算，尤其是重绕工艺，分作八个实验完成，每一个细小的环节都作了详尽的介绍。书中图文并茂，条理清楚，是一本系统的专业教材。

太原理工大学王振民教授和山西师范大学徐克服教授对本书进行了审阅，并提出许多宝贵意见，在此深表谢意。

本书内容虽属长期实践的小结，但限于作者业务水平，不免有一定的局限性，缺点错误也在所难免，欢迎读者批评指正。

作者

1997年12月

目　　录

第一章　三相异步电动机

本章着重介绍三相异步电动机的结构、定子旋转磁场的产生以及转子转动原理；进一步详细讲述绕组的基本概念、绕组的分布原则、绕组的种类以及定子绕组故障检修方法等。并介绍了电动机铭牌。

§1-1　三相异步电动机的转动原理

一、三相异步电动机的构造

三相异步电动机由固定部分——定子，旋转部分——转子两大部分组成，其主要部件见图 1-1 所示。

固定部分　定子是电动机的固定部分，是用来产生旋转磁场的。它由定子铁心、定子绕组和机座等组成。定子铁心由厚为 0.5mm、内圆周上均匀地冲有槽孔的环形硅钢片叠压而成，如图 1-2 所示。因而在铁心内圆周上形成了均匀分布的轴向线槽，用来放置定子绕组。定子绕组是用漆包铜线绕成匝数相同的线圈，再按一定的规律，将线圈嵌入铁心内圆周上的线槽中，然后再将全部线圈连接成三组匝数相同、对称分布于铁心圆周上的绕组，其中每一组称为一相绕组，这就成为三相对称绕组。

旋转部分　转子是电动机的转动部分，是用来带动机械负载的。由转轴、转子铁心、转子绕组、风扇等组成。转子铁心由厚为 0.5mm、外圆周上冲有槽孔、中心处冲有轴孔的硅钢片叠压而成，如图 1-2 所示。因而在铁心的外圆周上，形成了均匀分布的轴向线槽，用来放置转子绕组。转子绕组有两种型式：笼型转子，如图

1-3 和 1-4 所示;绕线式转子,如图 1-5 所示。

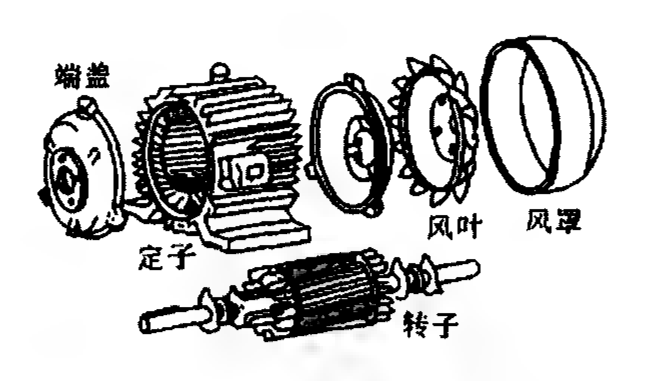


图 1-1 异步电动机的主要部件

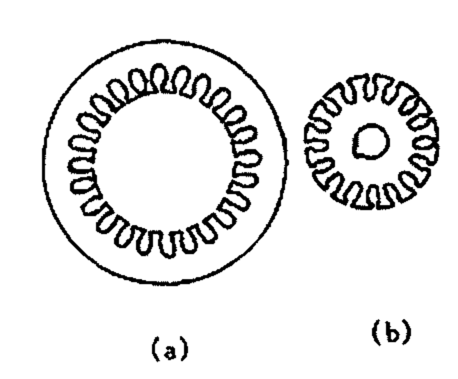


图 1-2 定子、转子铁心的硅钢片

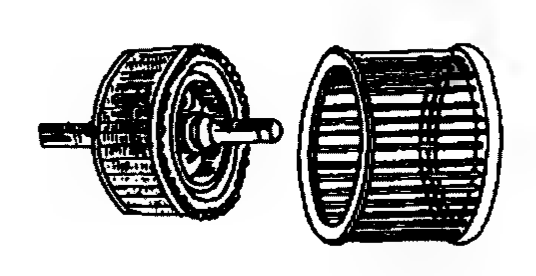


图 1-3 铜条笼型转子

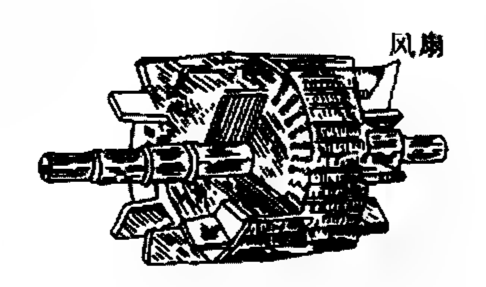


图 1-4 铸铝笼型转子

在转子铁心的线槽中嵌入铜条作为绕组导体,两端分别熔接成铜端环,如图 1-3 所示;或者在线槽中浇铸铝液,把绕组导体、端环及风扇铸在一起,如图 1-4 所示,这种形式的转子叫笼型转子,具有这种转子的异步电动机称为笼型异步电动机。由于这种绕组的形状像个圆筒形鼠笼,故俗称鼠笼式异步电动机。

在转子铁心的线槽中嵌入对称的三相绕组,这种形式的转子叫绕线式转子。一般三相绕组采用星形连接,三个始端分别接至轴上三个彼此互相绝缘的铜滑环上,如图 1-5 所示,滑环与转轴绝

缘，滑环上压着电刷，电刷装在固定于端盖的刷架上，绕组通过滑环、电刷与外部的起动电阻相连接。具有这种绕组的异步电动机称为绕线式异步电动机。

机座是用来安装定子铁心和固定整个电动机的，机座两端各装有端盖一个，端盖上有轴承孔，用来安放轴承。转子被轴承支撑着，可在定子铁心内圆中间旋转。机座和端盖组成电动机外壳，它可制成封闭式、防滴式等型式。封闭式外壳可防止灰尘杂物进入电动机内部，使电动机能在尘土飞扬的环境中工作，但这就防碍了散热作用。为克服这个缺点，在机座外缘上铸有散热筋，以增加散热面积。此外，还在端盖外部的轴端上加装一个外风扇，以加强通风散热作用。外风扇用风罩盖着，以保安全，并使风沿轴向流通。



图 1-5 绕线式转子

三相异步电动机在人类生产和生活中得到广泛的应用。这是由于它有结构简单、价格低廉、使用方便、工作可靠、容易维护等优点。

二、定子旋转磁场

1. 旋转磁场的产生

图 1-6 所示为最简单的三相异步电动机。其定子铁心的线槽里嵌有三相对称绕组 U_1-U_2、V_1-V_2 和 W_1-W_2，三相绕组接成星形，U_1 端、V_1 端和 W_1 端分别接到三相电源的 A、B、C 端钮上，于是 U_1-U_2、V_1-V_2、W_1-W_2 三相绕组便分别称为 U、V、W 相绕组。设通过三相绕组的对称电流为

$$
\left.\begin{aligned}
i_A &= I_m \sin\omega t \\
i_B &= I_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\
i_C &= I_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right)
\end{aligned}\right\} \tag{1-1}
$$

我们规定电流的参考方向均从绕组的始端经绕组内部指向末端。在电流的正半周时，其值为正，则它的方向与参考方向相同；在负半周时，其值为负，则它的方向与参考方向相反。对电流流入的那一端标以记号“⊗”，电流流出的那一端则标以记号“⊙”。

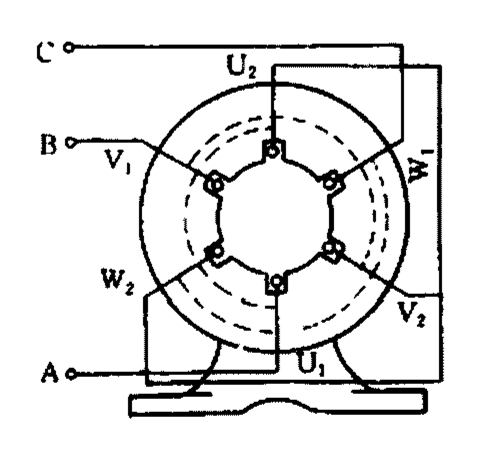


图 1-6　三只线圈排列方法

流过定子三相绕组的电流波形如图 1-7(a)所示。由图可知，当 $\omega t=0$ 时，i_A 为零，这时 U_1-U_2 这一相(即 U 相)绕组无电流通过；i_B 为负值，即 V 相绕组电流由 V_2 端流入，V_1 端流出；i_C 为正值，即 W 相绕组电流由 W_1 端流入，W_2 端流出。根据右手螺旋法则，可确定此时三相电流所产生的合成磁场的分布如图 1-7(b)中左起第一个图所示。可见合成磁场是两极磁场(即只有一对磁极)，下部为 N 极，上部为 S 极。

同理，当 $\omega t=\frac{\pi}{2}$ 时，i_A 为正最大值，i_B 与 i_C 均为负值，这时流过各相绕组的电流方向如图(b)中左起第二图所示，产生的合成磁场也是两极的，跟前一时刻相比，其磁极沿顺时针方向转过了 $\frac{\pi}{2}$。

用同样的方法可确定其它时刻的合成磁场的极数和磁极位置，如图 1-7(b)所示。由图可见，合成磁场是两极磁场，当电流变化一周时，合成磁场的磁极沿顺时针方向转过一周。若三相电流周期性地连续变化，它所产生的合成磁场的磁极将沿顺时针方向连续旋转下去，这样就产生了旋转磁场。

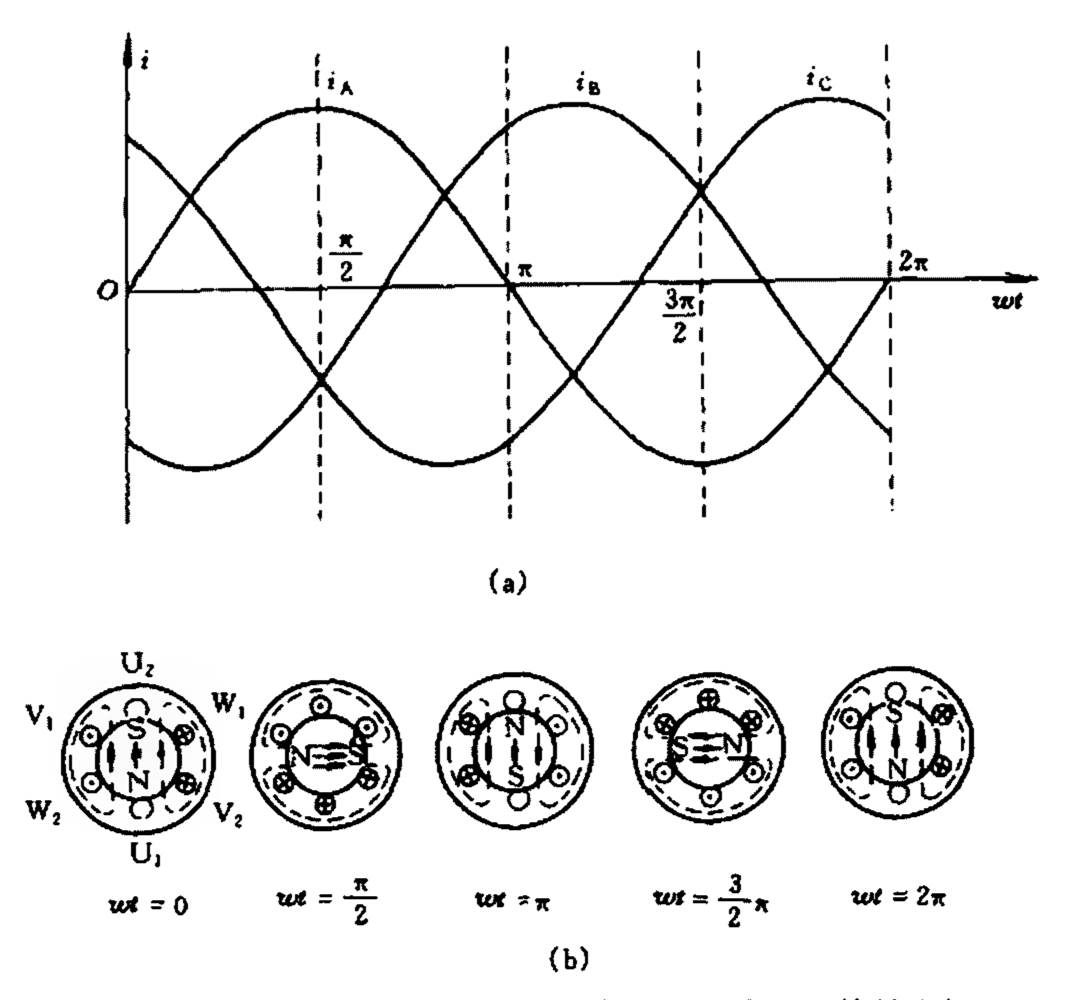


图 1-7　三相绕组中通入三相电流所产生的旋转磁场

(a)三相电流波形　(b)磁极位置变化

2.旋转磁场的旋转方向

三相绕组在定子铁心中排列顺序的方向确定了旋转磁场的旋转方向。什么是三相绕组的排列顺序的方向？在上面的分析中已指出(图 1-6)：U_1、V_1 和 W_1 分别接到三相电源 A、B、C 端钮，绕组的这种连接被称为顺时针方向排列，这是因为从接到 A 相的端钮(U_1 端)起，沿顺时针方向转过 120°，就转到了接在 B 相的端钮上(V_1 端)的缘故。显然，绕组的排列顺序方向正好和它所形成的旋转磁场的转向相同。据此可推知，如绕组接至电源的三根电源线中的任二根互换位置(例如 U_1 接 A、V_1 接 C、W_1 接 B)，则三相绕组变为逆时针方向排列，这样旋转磁场也就逆时针旋转了。

3.旋转磁场的旋转速度

再对图 1-7 作进一步的分析，嵌入六个线槽中的三个线圈所组成的三相绕组，有三相对称电流通过时，在铁心中形成两极旋转磁场。电流变化一周，两极旋转磁场转过一周。若电流的频率为 f(Hz)，即电流每秒变化 f 周，则二极旋转磁场每秒亦转过 f 周。若用 n_1 表示旋转磁场每分钟的转数，则有

$$n_1 = 60f(\text{r/min})$$

现设定子三相对称绕组含有六个线圈，它们是 U_1-U_2、U'_1-U'_2、V_1-V_2、V'_1-V'_2、W_1-W_2、W'_1-W_2'，分别嵌放在定子铁心的 12 个线槽中，如图 1-8(a)所示。每个线圈的两个线圈边安放在铁心内圆周上相隔 90°的线槽中。每个线圈的始边，例如 U_1、V_1、W_1、U'_1、V'_1、W'_1 等依次安置在相隔 60°的线槽中，把始边相隔 180°的两个线圈串联起来成为一相绕组，如图 1-8(b)所示。

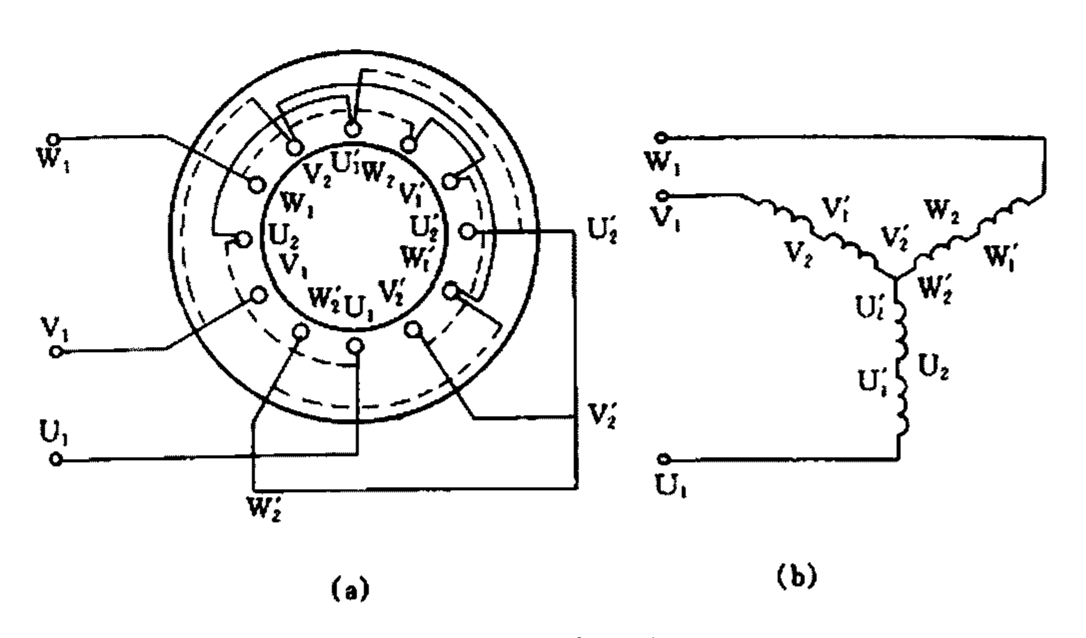


图 1-8　六只线圈排列方法

参照分析合成二极旋转磁场的方法，将上述三相绕组接成星形并加上三相对称电压时，绕组中将流过三相对称电流，其波形如图 1-9(a)所示。

当 $\omega t = 0$ 时，i_A 为零，i_B 为负，i_C 为正，此时 U_1-U'_2 绕组

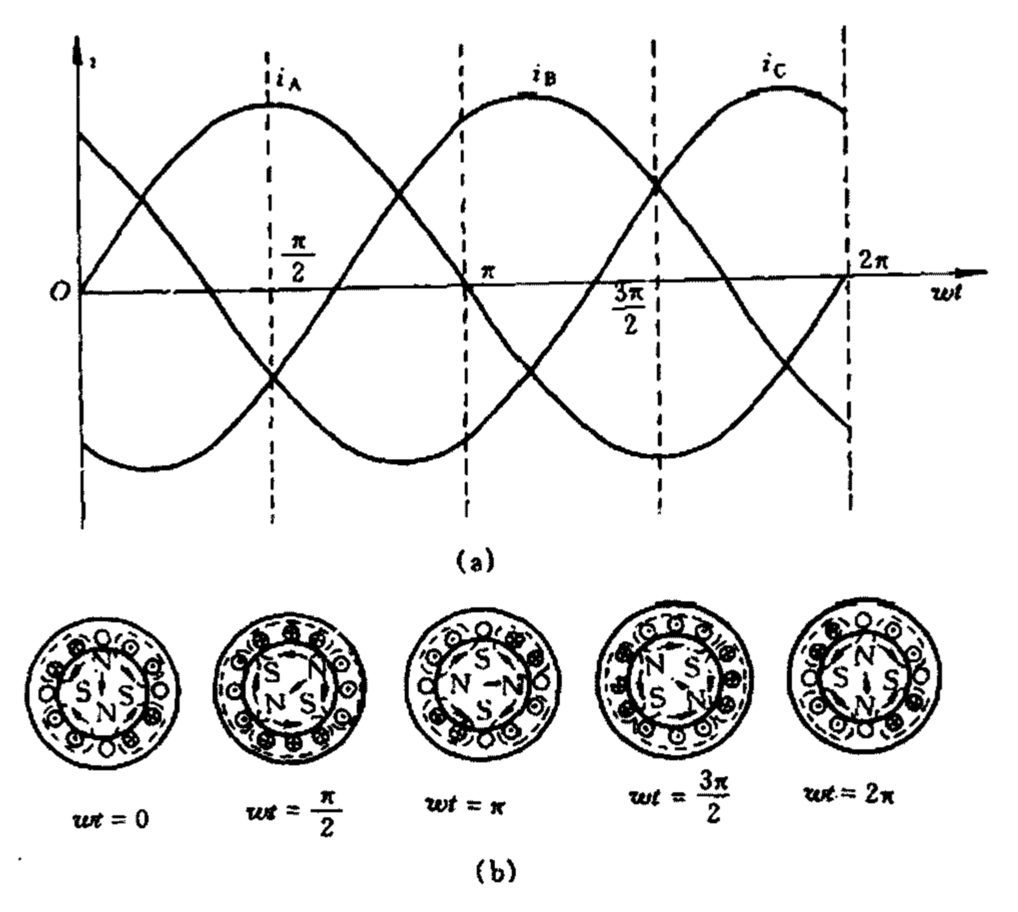


图 1-9 六只线圈产生的四极旋转磁场

无电流通过；V_1-V'_2 绕组内电流方向与参考方向相反，即电流的流向从 $V'_2\to V'_1\to V_2\to V_1$；$W_1$-$W'_2$ 绕组内电流方向与参考方向相同，即电流的流向 $W_1\to W_2\to W'_1\to W'_2$。这时，三相电流所产生的合成磁场是一个四极磁场，如图 1-9(b)中 $\omega t=0$ 时所对应的图所示。同理可得出其它时刻的合成磁场如图 1-9(b)所示。由图可知，合成磁场是一个四极的旋转磁场。当电流变化一周时(变化了 360°)，四极旋转磁场只转过 1/2 周即 180°，只有二极旋转磁场转速的一半。因此

$$n_1=\frac{60f}{2}\quad (\text{r/min})$$

上式结果恰等于用极对数 p(这里 $p=2$)除以两极旋转磁场转速的商。依次类推，可得 p 对磁极旋转磁场的转速为

$$n_1=\frac{60f}{p}\quad (\text{r/min}) \tag{1-2}$$

式(1-2)是旋转磁场转速的一般表示式。由此式可知,旋转磁场的转速 n_1 决定于电源频率 f 和磁极对数 p。我国规定的电源频率为 50Hz,而旋转磁场的磁极对数 p 则由电机的绕组结构来决定。

表 1-1 列出了对应于不同磁极数($2p$)的旋转磁场转速,以供查阅。

表 1-1　不同磁极数的旋转磁场转速

极数 2p	2	4	6	8	10	12	14	16
转速 $n_1/r\cdot min^{-1}$	3000	1500	1000	750	600	500	428	375

旋转磁场转速通常称为同步转速,用 n_1 表示。

这里应该注意的是:电流在一周期内变化了 360°角,而四极旋转磁场在此时间内,在空间只转过了 180°角,二者不但数值不相等且其涵义亦不相同。为把二者区分开来,我们把电流随时间变化的角度称为电角度;旋转磁场在空间转过的角度称为空间角度。在数值上二者有如下关系

$$电角度 = p \times 空间角度 \tag{1-3}$$

式中 p 为磁极的对数。

对图 1-6 和图 1-8 中定子绕组结构进行分析,得出共同规律:第一,每个线圈的两个边在空间相隔 180°电角度,第二,三相绕组的始端在空间相隔 120°电角度,末端亦如此;第三,在任何时刻,沿定子内圆周绕行一周,对于二极电机,导体中的电流方向交替变换两次,对于四极电机,导体中的电流方向交替变换四次。根据最后这一点,如图 1-8 所示四极电机,就要求每相绕组有两个线圈,且相邻线圈边在空间相隔 180°电角度。

三、转子转动原理

图 1-10 为三相异步电动机转子受力分析示意图。设在某一瞬间绕组的电流方向和合成磁场的分布如图所示,此磁场以同步转速 n_1 沿顺时针方向旋转。这时的转子和磁场之间有相对运动,

这相当于磁场不动,而转子导体逆时针方向切割磁通,根据右手定则,可得出转子上半部导体中的感应电动势方向为垂直于纸面向外,而下半部导体的感应电动势的方向则垂直于纸面向内。如略去转子导体的漏电抗,则转子的感应电流的方向与感应电动势的方向相同。此转子感应电流与旋转磁场的相互作用,在转子导体上产生电磁力 F,由左手定则可知,全部导体所受的力形成顺时针方向的电磁转矩 M,使转子沿顺时针方向旋转。

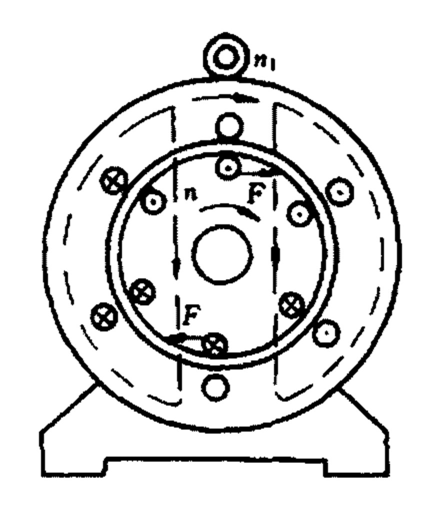


图1-10 转子受力分析

不难看出,转子的转速 n 不可能达到同步转速 n_1。因为如果转子的转速达到了同步转速,则转子导体与旋转磁场之间就没有相对运动,因而转子导体将不切割磁通,也就不可能产生转子感应电动势和感应电流,转子不会受到电磁力矩的作用,也就不能运转下去。可见,这种电动机的转子转速 n 永远低于同步转速 n_1,故称异步电动机;又因其转子电流是由电磁感应而产生的,故又称感应电动机。

通常把旋转磁场对转子的相对转速($n_1 - n$)与旋转磁场的转速 n_1 之比叫做异步电动机的转差率,用 s 表示,即

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \tag{1-4}$$

或者用百分数表示,则为

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \times 100\%$$

一般电动机在额定运行时,其转差率 $s = 0.02 \sim 0.06$,用百分数表示即 $s = 2\% \sim 6\%$。

电磁转矩的方向与旋转磁场的转向一致,因此转子是没有“立场”

的，正如人们常说磁场拖着转子跑。在使用电动机时，如发现转子转向不合要求，只要把电动机接至电源的三根电源线中任意二根对调后接至电源，定子旋转磁场就会改变转向，转子也就随着改变方向。

综上所述，异步电动机的工作原理可归纳为以下两点：

(1)在空间互隔 120°有规律地排列的三相绕组通入三相交流电时，在空间会出现旋转磁场，其转速 $n_1=\frac{60f}{p}$，转向由三相绕组在铁心中排列顺序的方向来决定。

(2)由于转子导体与旋转磁场之间有相对运动，因而在转子导体上产生感应电流，此感应电流与旋转磁场相互作用产生电磁转矩，使转子沿旋转磁场的方向转动。转子转速 n 必小于同步转速 n_1，$s=\frac{n_1-n}{n_1}$称为转差率，异步电动机正常运行时 $0<s\leqslant1$。

§ 1-2　三相定子绕组

绕组是电动机的“心脏”，修理电动机最主要的工作就是修理绕组。运行中由于各种不利因素的影响，如过载、受潮、化学气体的腐蚀、低压运行、单相运转以及机械力或电磁力的冲击，都可能使绝缘老化，绕组损伤甚至烧毁。因此，电动机绕组修理的质量好坏，对整个电动机的性能有很大影响。

为了掌握绕组的修理技术，必须对电动机绕组的要求，分布原则，绕组型式，结构原理有一定的了解。

一、对绕组的要求及分布原则

1. 对定子绕组的要求

(1)三相绕组要对称，即每相绕组的线径、匝数、线圈数要相同，排列的方法和顺序也要相同，各相绕组引出线之间相隔为 120°(即绕组的头与头之间，或尾与尾之间在定子腔内要相隔 120°)。

(2)线圈端部要短，节约用铜，减少绕组铜耗，电阻不宜过大。

(3)线匝和线圈的连接需要每相导体电动势相加。

(4)绕组的绝缘和机械强度要可靠,散热条件要好。

2.绕组按60°相带分布

一对磁极在定子圆周上占360°电角度,一个磁极占有180°电角度。在三相定子绕组中,一个磁极下有三相绕组,即U相、V相、W相,每相绕组则只占60°电角度,即每相绕组在一个磁极下按60°相带分布。根据三相间隔120°的原则,可得到三相绕组在定子槽内的分配次序,例如36槽4极电动机定子槽展开图,如图1-11所示。

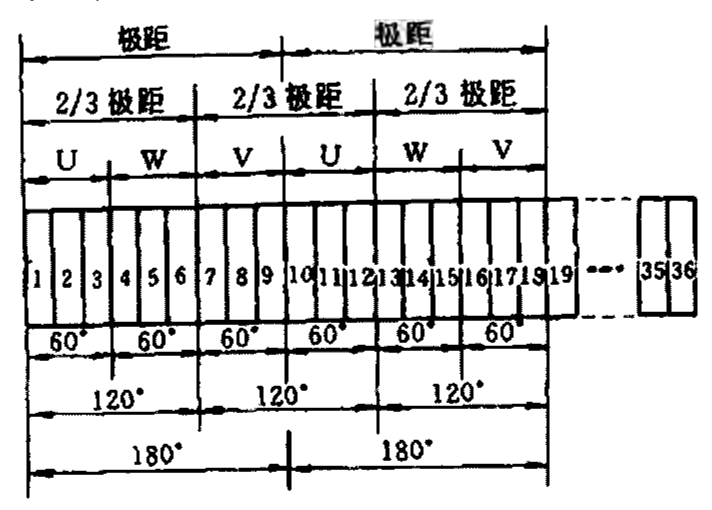


图1-11 36槽4极定子槽展开图

U-V相间间隔120°电角,V-W相间间隔120°电角,W-U相间间隔120°电角;每极下U相占60°相带,V相占60°相带,W相占60°相带

二、绕组的基本概念

1.线圈、绕组

线圈是以绝缘导线按一定形状绕制而成的,然后按一定规律,将线圈一个一个地嵌入电机槽中,再连接起来便成了绕组。线圈可能由一匝导线绕成,也可是多匝导线绕成,如图1-12所示。线圈的直线部分放在电机铁心槽内,电磁能量转换主要通过直线部分进行,称它为有效边。两个有效边之间的导线称为端部,仅起到把有效边连接起来的作用。

线圈端部的形状有菱形和弧形两种，菱形端部的线圈，多用于双层绕组，弧形端部的线圈则用在单层绕组中。

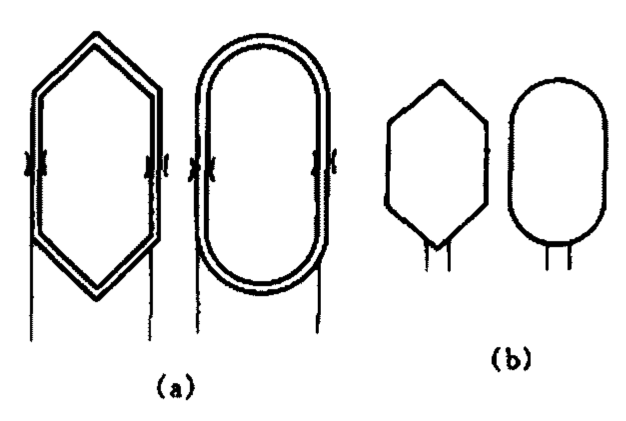


图 1-12 线圈及画法

(a)线圈；(b)线圈的简化画法

2.槽数

电动机的定子、转子铁心的槽数用符 Z_1、Z_2 表示。电动机线槽的作用是嵌放绕组的。

3.极数

电动机的磁极对数用 p 表示，$2p$ 为极数。同步转速

$$n_1=\frac{60f}{p}\quad(\text{r/min})$$

式中：n_1 为同步转速(r/min)；f 为电源频率(Hz)。

电动机的同步转速、异步转速及极数的关系见表 1-2。

表 1-2 电动机同步、异步转速及极数的关系

极对数	极数	同步转速 /r·min^{-1}	铭牌标称转速/r·min^{-1}	
			最 低	最 高
1	2	3000	2800	2970
2	4	1500	1390	1480
3	6	1000	900	980
4	8	750	710	740
5	10	600	580	580

4.极距

任意两个相邻磁极轴线之间的距离称为极距，用符号 τ 表示。极距 τ 有下面几种表示方法。

(1)用定子槽数表示：

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} \tag{1-5}$$

(2)用电角度表示：

$$\tau = 180° \quad (电角度) \tag{1-6}$$

(3)用空间几何角度表示：

$$\tau = \frac{360°}{2p} \tag{1-7}$$

5. 节距(或称跨距)

一只线圈的两条直线边(有效边)之间相隔的槽数，叫做线圈的节距，用符号 y 表示。节距 y 一般用槽数表示：

$$y = k\tau = k\frac{Z_1}{2p} \tag{1-8}$$

式中：k 为短距比(y 与 τ 的比值)，一般取 0.8～0.9 之间。

绕组的节距有三种形式，即全节距、短节距和长节距。

全节距也叫整节距，它等于极距，即 $y = \tau$。例如，一台电动机的定子槽数 $Z_1 = 24$，$2p = 4$，则极距 $\tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{4} = 6$。如采用全节距绕组，这时绕组的两条边放在第 1 槽到 $1 + 6 = 7$ 槽(即 y 为 1～7)。

短节组绕组的节距小于极距，即 $y < \tau$。那么上例电动机绕组元件两条边放在 1 到 6 号槽(即 $y = 1 \sim 6$)。

长节距绕组的节距大于极距，即 $y > \tau$。但是在普通电机中，一般不用长距绕组。

6. 每极每相槽数

在一个磁极下每一相绕组所占的槽数，称为每极每相槽数，用符号 q 表示

$$q = \frac{Z_1}{2pm} \tag{1-9}$$

式中：m 为相数。

例如,三相4极36槽电动机,每极每相槽数 q 为

$$q=\frac{Z_1}{2pm}=\frac{36}{4\times3}=3$$

该电动机每个磁极下每相绕组所占槽数为3个槽。

7. 极相组

在一个磁极下,每一相的线圈按一定方式串联成组,称为极相组,如图1-13所示。

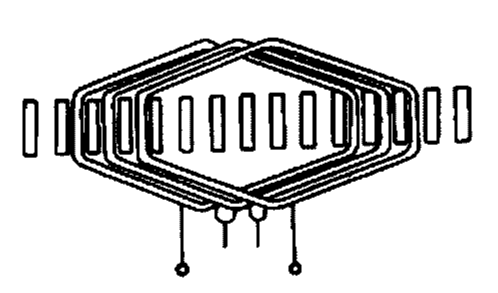


图1-13 $q=3$ 时绕组的极相组

8. 每槽电气角度

电动机定子圆周是360°机械角度,但从磁极的观点来看是 $p\times360°$ 电角度,简称电角度,则每一个定子槽所占的电角度为

$$a=\frac{p\times360°}{Z_1} \tag{1-10}$$

9. 并绕根数

功率较大的电动机,因电流较大,就须用较大线径的导线绕制线圈。但线径过大(一般在1.6mm以上),则线硬而难绕难嵌,可采用几根线径较小的导线并绕代替。当决定电动机重绕时,拆时务必注意原始的并绕根数,以免误作线圈匝数。

10. 并联支路数

把几个极相组串联起来形成一个支路,再把串联起来的几个支路并联在一起,形成一相绕组,叫绕组的并联支路。用符号 a 表示。

如果一相中的极相组只有两个引线头与电源相连接,称为一路串联,用 $a=1$ 表示。如果有四个引线头两两并联后,再与电源相连接,称为两路并联,并联支路数 $a=2$,依次类推,有三路 $a=3$,四路 $a=4$……,$a=10$ 等。

11. 绕组展开图

设想把定子切开并拉平,略去定子铁心部分,把槽中的绕组用

一根单线来表示，就可绘出定子绕组展开图，如图1-14所示。图中用三种线条分别表示三相绕组，并画出了各个绕组的嵌放位置及各个线圈的连接方法。这就很容易看出绕组节距、式样、形式，单、双层及极相组之间的连接方法。因三相绕组为对称绕组，有时为了使人看得更清晰，把三相绕组中的其中一相（一般取U相即U_1、U_2），用较粗的线条画出。

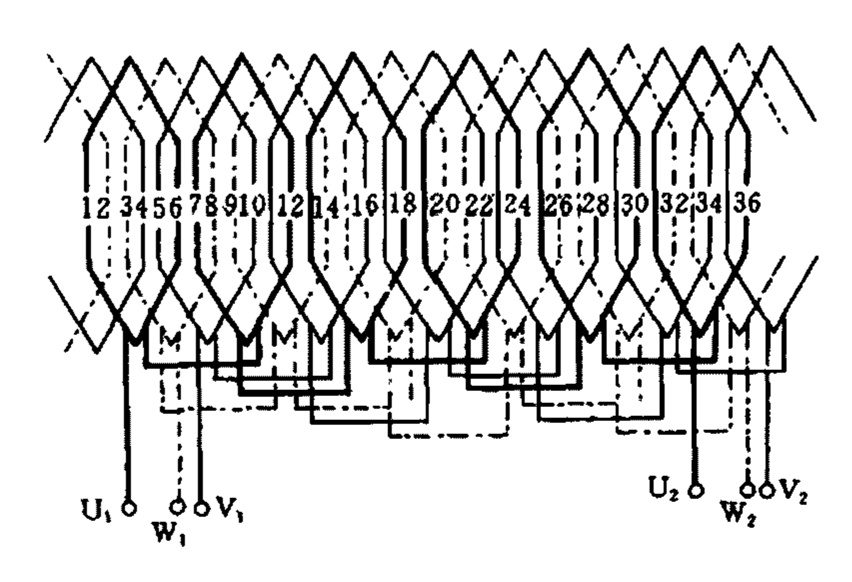


图1-14 36槽6极等距链形绕组展开图

三、单层绕组

单层绕组就是在铁心槽内仅嵌有一个线圈边的绕组，通称为单层绕组。单层绕组的线圈数目等于定子槽数的一半。它具有嵌线方便，通风性能好和没有槽中的相间绝缘等优点。这类绕组其线圈用导线较多，电磁波形差，线圈节距变动不大，没有灵活性，因此，只适于一般小型电动机。单层绕组可分为同心式、单链式和交叉式三种。

1.单层同心式绕组

同心式绕组由几个宽度不同但彼此“同心”的线圈串联而成，如图1-15所示。

按绕组端部的安放位置又可分成二平面同心式和三平面同心

式，分别如图 1-16 和图 1-17 所示。对于极对数和极相组数同为奇数的二平面同心绕组，将出现一组跨过端部二平面的弯曲绕组。

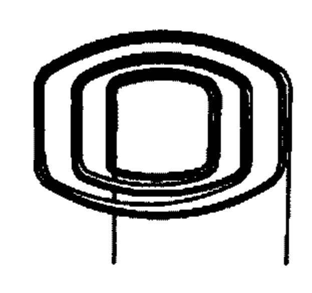


图 1-15 同心绕组

同心绕组的极相组，由该组的几个同心元件组成。极相组的总数，等于磁极数和相数的乘积，它们之间的连接为同名端相连接(反串)。也有的极相组的

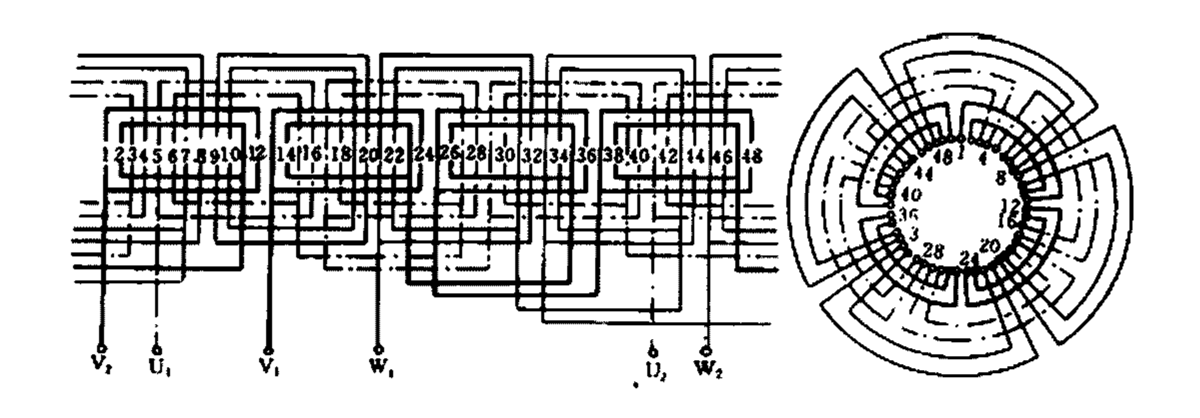


图 1-16 36 槽 4 极二平面同心式绕组展开图和端部图

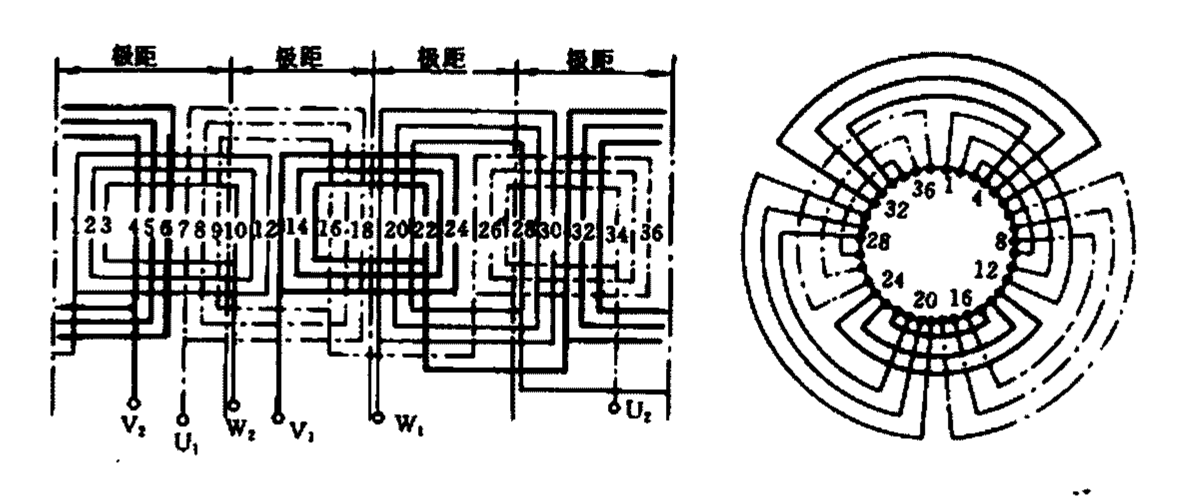


图 1-17 48 槽 4 极三平面同心式绕组展开图和端部图

总数是等于极数和相数乘积的一半，它们之间的连接为异名端相

连(正串)。

同心绕组由于绕组跨距大,且又长短不等,故较浪费铜线,现在除小容量二极电动机外,已不再采用。

2.单层链式绕组

这是一种比较常用的单层绕组,各个线圈宽度相同、节距相等而彼此之间象索链一样扣合在一起的线圈绕组。它适用于每极每相槽数 $q=2$ 的二极、四极、六极、八极的电动机。由于线圈尺寸只有一种,因此绕制线圈和嵌线都较方便。这种绕组每相的极相组数目等于极数,36 槽 4 极等距链式绕组展开图如图 1-18 所示。链式绕组通常做成散下的单线圈。由于大小相同,制造方便,线圈可采用短距,端部较短,省铜线。故被广泛采用。

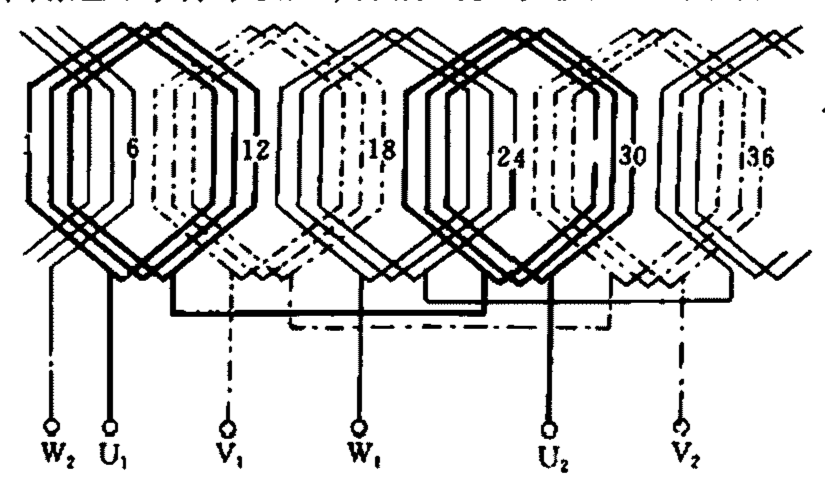


图 1-18 36 槽 4 极等距链式绕组展开图

3.单层交叉式绕组

当每极每相槽数 $q>2$ 且为奇数时,单链绕组无法排列时,就要采用单层交叉式绕组。这种绕组是同心式、链式绕组的综合。由于采用了不等距线圈,其优点是:比同心式绕组的端部短且便于布置,36 槽 4 极交叉式绕组展开图如图 1-19 所示。

四、双层绕组

在每一个槽内放置上下两个线圈边,线圈的某一个边嵌在某一槽的下层,另一个边则嵌在相隔 y 槽的上层,整个绕组的线圈

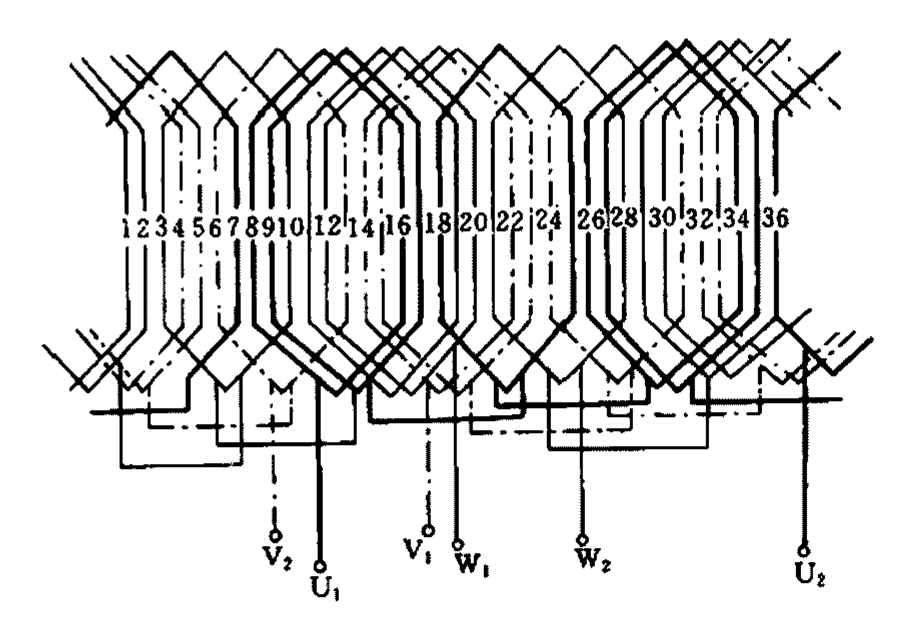


图 1-19　36 槽 4 极交叉式绕组展开图

数正好等于槽数。这种绕组叫双层绕组。双层绕组的主要优点是：可以选择最有利的节距；所有线圈具有同样尺寸，便于生产制造；可以组成较多的并联支路；端部形状排列整齐，有利于散热和增强机械强度。所以较大容量的（10kw 以上）电动机定子绕组多采用双层绕组。

双层绕组有叠绕式和波绕式两种。波绕组多用于大型电动机的定子绕组，双层叠绕组多用于中、小型电动机。

双层叠绕组有全节距绕组和短节距绕组两种，现在双叠绕组多采用短节距绕组，即

$$y=(0.7\sim0.9)\frac{Z_1}{2p}\quad（取整数）\tag{1-11}$$

36 槽 4 极双层短距叠绕组展开图如图 1-20 所示。

五、分数槽绕组

前面介绍的各种绕组每极每相槽数 q 均为整数，称整数槽绕组。若定子槽数不能被极数和相数所整除，即 q 是分数时，称为分数槽绕组。例如多速变极异步电动机常会遇到分数槽的情况，大型同步发电机利用分数槽绕组削弱高次谐波和齿谐波，从而改

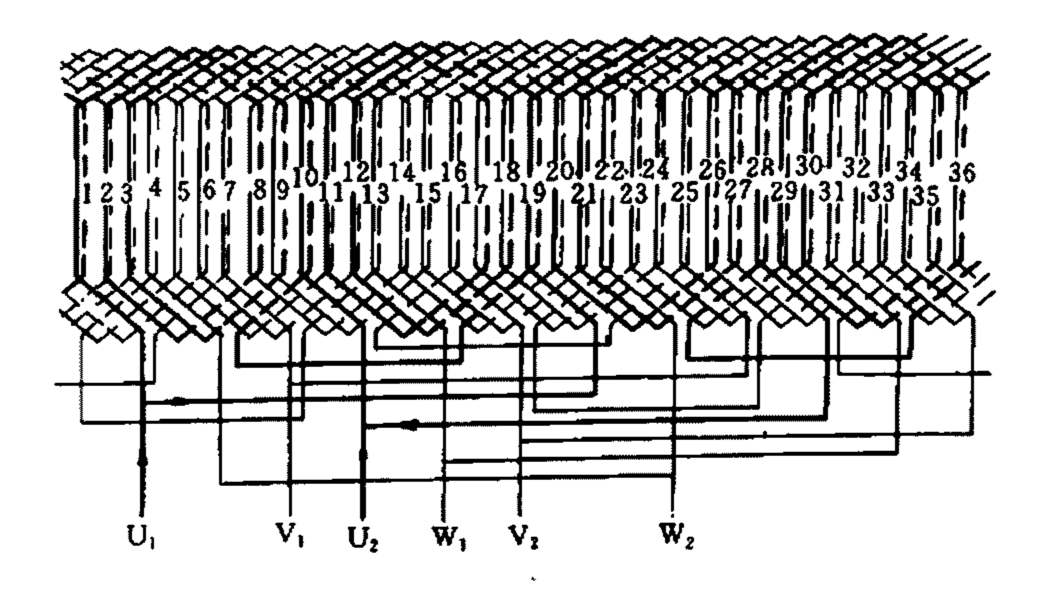


图 1-20　36 槽 4 极短距双层绕组展开图

善电磁性能。有时为了利用现成的定子铁心，在改极使用时，也采用分数槽。为了便于极相组的分配和调节线圈节距，分数槽极相组一般只限于在双层绕组中使用。

在求分数槽极相组时，首先应把定子槽数被三相去平分，然后再把每相绕组所分得的槽数被极数去分。把不能被极数整分所剩下的几个槽，以槽为单位，分别添入到其中的--些极相组里。这样组成极相组的槽数就有多有少，但无论怎么分，都应使每相中极相组的线圈总数相等，同时尽量使各极相组均匀对称地分布在定子槽内。

例如，一台三相 6 极定子 63 槽的电动机，先把定子槽数被三相去分，每相分 21 槽，21 槽再被 6 极分，每个极分得 3 槽后，还剩 3 槽，然后，把剩下来的 3 槽再分别分到其中的 3 个极相组里。这样每相的绕组里，就有包含 3 个槽的 3 个极相组和包含有 4 个槽的 3 个极相组。在三相绕组中就有 9 个含有 3 个槽的极相组和有 9 个含有 4 个槽的极相组。它们之间的比例关系是 1∶1。嵌线时就按这个比例来嵌，先嵌 1 个含有 3 个槽的极相组，再嵌 1 个含有 4 个槽的极相组，这样循环交替一直把 18 个极相组嵌完为止。如图 1-21 所示。

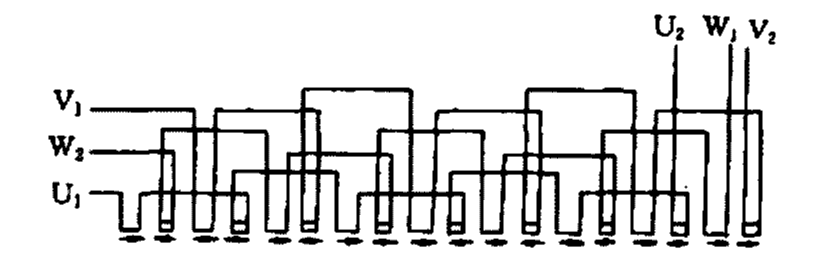


图 1-21　三相 6 极异步电动机分数槽极相组的排列

六、单、双层混合绕组

单、双层混合绕组，就是在定子某槽内嵌以单层绕组，而在另一些槽内嵌以双层绕组。因单层绕组嵌线方便，没有层间绝缘，槽的利用率高，但其一般采用全距绕组，其电动势和磁动势波形较差，因而对电机的起动性能、损耗和噪音等都有一定的影响。而双层绕组如采用短距绕组，就能改善电动势和磁动势的波形，从而改善电动机性能。而单双层绕组同时具有两种绕组的优点，既省工省料，又能改善电动机性能，尤其 2 极电动机更为适用。

单、双层混合绕组是在双层短距绕组的基础上演变过来的。因短距双层绕组的某些槽内上层和下层导体内电流方向不一致，不属一相，但仍有一些槽内的上、下层导体内电流一致，同属一相，故可省去层间绝缘，把它们合在一起改为单层绕组，而其他异相槽内的线圈边仍为双层，在保持各槽内电流分布不变的情况下，再改变一下端部的连接方式，即变成为单、双层混合绕组的结构。

36 槽 4 极电动机单双层混合绕组的端部排列如图 1-22 所示，由图可见，对于每相绕组（如 U 相绕组）来说，有 4 个大线圈（节距 1～9）的有效边占满了整个定子槽 1、29，2、10，11、19，20、28，是单层绕组的型式；而 4 个小线圈的有效边分别位于 9、18、27 和 36 槽的下层，是双层绕组的型式。36 槽 4 极三相异步电动机，单、双混合绕组展开图，如图 1-23 所示。单、双层混合绕组一般适合于每极每相槽数 $q>2$ 的 4 极小容量电动机和 2 极电动机。洗衣机电机就采用的是单双层混合绕组。

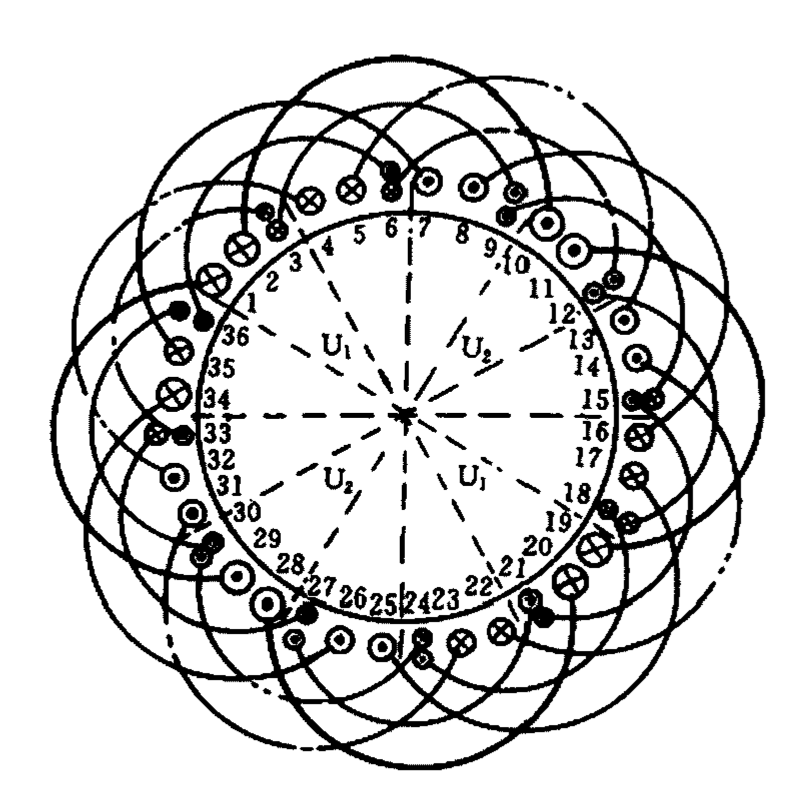


图 1-22 36 槽 4 极单双层混合绕组端部排列图

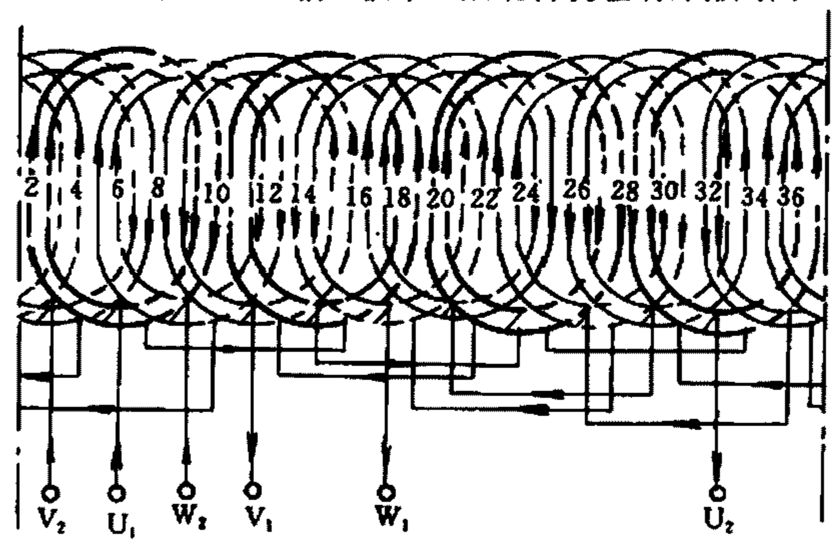


图 1-23 36 槽 4 极单双层混合绕组展开图

§1-3 铭牌数据

异步电动机的机座上都装有一块标牌，叫电动机的铭牌。它

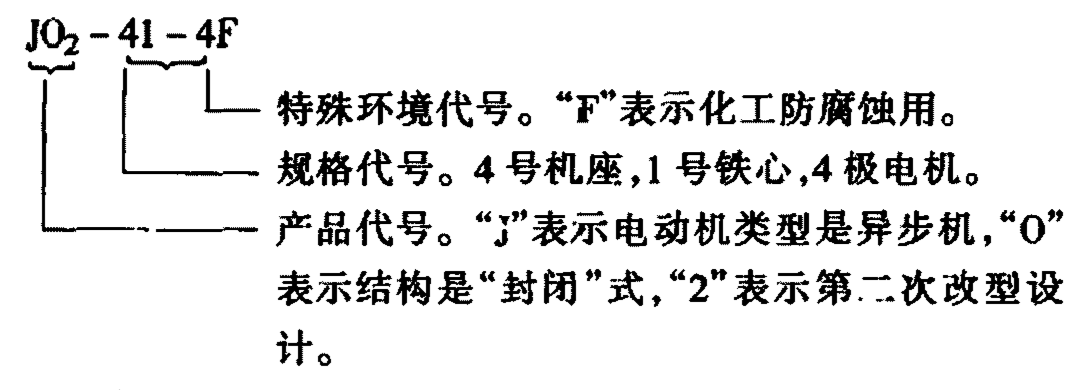
扼要地记述该电动机的类型、主要性能和技术指标，记载着生产厂家为这台电动机规定的使用条件。用户要正确使用和维修电动机，必须首先弄清铭牌上所述各项的内容及其含义。如果盲目使用，就可能造成事故，甚至烧毁电动机。所以在使用和重绕三相电动机以前，首先弄清铭牌上有关内容，是正确使用和维护好电动机的先决条件。并可根据铭牌上的型号查阅有关重绕数据。

这里，综合了电动机铭牌的有关项目列出如下铭牌

三相异步电动机	
型号 JO_2-41-4F	标准编号 JB742-66
额定功率 4kW	额定频率 50Hz
接线方法 Y/△	绝缘等级 F 级
额定电压 380/220V	温升 60℃
额定电流 8.49/14.8A	定额　连续
额定转速 1440r/min	功率因数　0.86
出厂编号 × × ×	重量　58kg

1. 型号

表示电动机的品种、性能、防护形式等的代号，它由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。其组成和排列顺序如下：



2. 额定值

根据国家标准 GB755—65《电机基本技术要求》，异步电动机的额定值有下面几种。

(1)额定功率

电动机满载下运行时，轴端所能输出的机械功率叫额定功率。

(2)额定电压

电动机在额定运行状态下，加在定子绕组上的线电压叫做电动机的额定电压。这台电动机接成“Y”形，线电压为380V，接成“△”形，线电压为220V。

(3)额定电流

电动机在额定电压和额定频率下运行，输出额定功率时，流入定子绕组的线电流就是电动机的额定电流。这台电动机接成“Y”形接法时，线电流为8.49A，接成“△”形接法时为14.8A。也就是电动机最大安全电流。

(4)额定频率

表明该电动机只能接在频率为50Hz的交流电源上使用。

(5)额定转速

电动机在额定电压、额定频率、额定负载下运行时，转轴每分钟的转数。额定转速比同步转速低2%～6%。电动机同步转速见表1-1。

3.接线方法

指电动机三相绕组六根引出线的连接方式。将三相绕组的头U_1、V_1、W_1接电源，三个尾U_2、V_2、W_2接在一起，叫星形联接(“Y”形)。若将U_1接W_2，U_2接V_1，V_2接W_1，再将这三个交点接在电源上叫三角形连接(“△”形)，如图1-24(a)、(b)所示。

4.定额

电动机定额分连续、短时和断续三种。连续表示电动机可以连续不断地输出功率而温升不超过铭牌允许值。短时表示电动机不能连续使用，只能短时使用，即在规定的时间内输出功率，若超出规定运行时间，有可能造成电动机过热烧坏。断续表示电动机只能短时输出额定功率，但可以多次断续重复起动运行。

5.温升

温升是检查电动机运行是否正常的重要标志。电动机运行一段时间后，温度达到稳定。在稳定状态下，电动机温度与环境温度

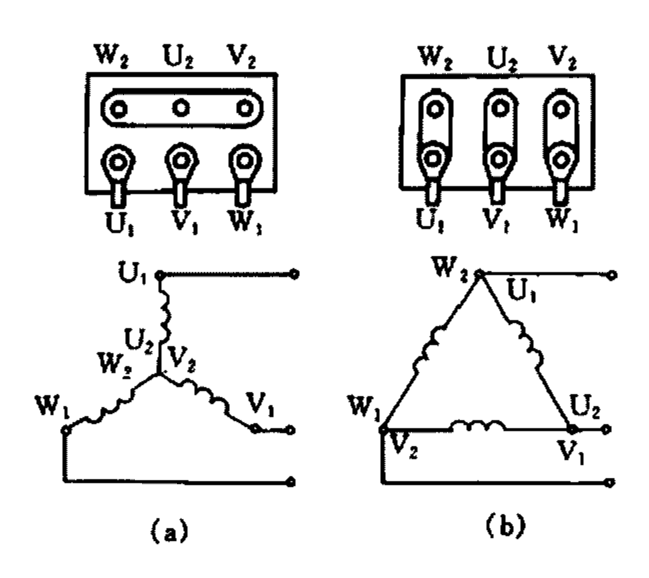


图1-24 电机接线盒中的两种接法

(a) 星形(Y形) (b) 三角形(△形)

之差,叫电动机温升。这台电动机温升60℃,电动机环境温度规定为40℃,加温升60℃,则电动机温度不得超过100℃。

6.绝缘等级

指电动机绕组所用的绝缘材料按它的允许耐热程度规定的等级。新型电动机一般用E级,容许温度120℃;老式电动机多用A级,容许温度105℃;大型电动机用B级,容许温度是130℃;有些特殊用途电动机用F级,可容许155℃。

7.标准编号

表示制造这台电动机所依据的技术标准。"GB"表示国家标准,"JB"表示部颁标准,后面的数字表示这个技术标准的编号。

8.功率因数

指电动机所用的有功功率与视在功率的比值。视在功率一定时,功率因数越高,有功功率越大,电动机对电能的利用率也越高。这台电动机功率因数为0.86。

§1-4 定子绕组故障检修

电动机绕组故障是多种多样的,产生故障的原因也是极其复

杂的。但定子绕组产生故障的主要原因是：电机长期运行，绕组绝缘老化；外界的影响（如受潮、曝晒、金属异物的损伤、有害气体的腐蚀等）；不正常的运行（如过载、单相运行）；选择使用方法不对等，均可导致绕组发生故障。

定子绕组常见故障与检修方法主要有以下几个方面。

一、绕组接地故障的检查与修理

绕组接地是指绕组与铁心或机壳间绝缘破坏而造成的接地现象。产生绕组接地故障的原因是：电机长期不用，周围环境潮湿；电机受雨淋、日晒；电机长期过载运行；有害气体腐蚀；金属异物掉入绕组内部，损坏绝缘；重绕定子绕组时，损伤绝缘，使导线与铁心相碰等。绕组接地后，会引起绕组发热，进而造成绕组短路，甚至使电机无法运行。绕组接地后，电动机外壳带电，容易造成人身触电事故。所以，电动机绕组的绝缘状况须经常检查，一旦发现绕组有接地故障应及时修理。

1.绕组接地故障的检查

检查绕组接地故障的方法很多，下面介绍几种常用的检查方法。

(1)用摇表检查：摇表须根据所测量电机的电压大小来选用。对于500V以上的高压电机，用1000～2500V级的摇表；500V以下的低压电机，则用500V级的摇表。

检查方法是：把摇表的“火线”一端接在电机绕组的引出线端（可以分相或三相并在一起测量），“地线”一端接在电机的机壳上（测量前应清除机座上的油污和油漆），以120r/min的速度摇动手柄，表针即指出绝缘电阻值。如果量出的绝缘电阻在0.5MΩ以上，则说明该电机绝缘尚好，可继续使用。如果绝缘电阻在0.5MΩ以下，甚至接近于零，则说明该电机绕组已受潮，或绕组绝缘很差。如果测得的绝缘电阻为零，而且在手摇摇表时，感觉比上两种情况用力大，则很可能是绕组接地。为了慎重处理，做到对接地

故障确认无误，最好再用其他方法证实一次。例如，用万用表的低电阻档重复测量，只有 1～2Ω，则证明绕组确实接地。

(2)用试灯检查：先把绕组各相的接头拆开，然后将 32～220V 直流或交流电源接入接地的某相绕组，中间串入与电源电压相同的 40～100W 的灯泡，将地线接在电机外壳上。若灯泡发亮，说明电机绕组已有接地故障；若灯泡微微发光，可能是绕组内潮气重、绝缘差或接地。如图 1-25 所示。发现接地故障时，可将硬木或紫铜板垫在外壳的止口边缘上，用手锤沿着圆周敲击硬木或紫铜板，当敲到某一处发现灯光一灭一亮时，说明电路中的电流时通时断，该处就是接地点。

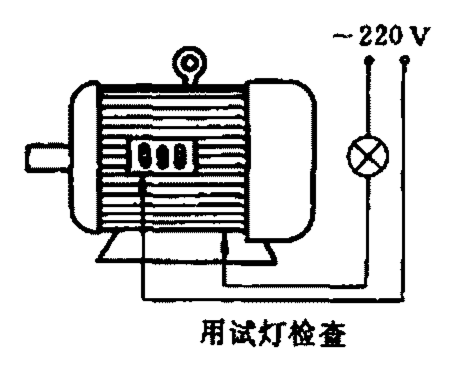


图 1-25 用试灯检查绕组接地

(3)用分段法检查：当遇到接地点在铁心里面而且烧得比较厉害，烧损的铜线与铁心熔在一起，接触面大于导线截面时，可采用分段法进行检查。

具体方法是把接地的一相绕组分成两半，好的一半留下来，接地的部分再分成两半，依此类推。这样，把接地点的范围从某相绕组上逐步缩小到某一个线圈或某一个线匝上。图 1-26 为一台三相 4 极 36 槽电机，绕组为双层叠绕。图中为 V 相绕组，接地点在第三个极相组的第二个线圈中。由图可知，每极有 36÷4＝9 槽，每一相在每一磁极中占有 9÷3＝3 槽。因为是双叠绕组，所以每一极相组中都串有 3 个线圈。采用分段法时，先将电源的地线接在电机外壳上，将“火线”与灯头一根线接好，装上灯泡，拆开接头 1 和 2。此时，把灯泡串在 V_1 端与大地之间，若灯泡不亮，证明接地故障不在这一段。再把灯泡串在 V_2 与大地之间，灯泡发亮，则接地点在 2 与 V_2 之间。拆开 3 和 4 接头，将灯泡串入 V_2 与 4 之间，灯泡不亮，证明接地点在 2 与 3 之间。然后，用同样方法检查接头 5 和 6 以及 7 和 8，最后可以准确的确定接地故障点就在第三

极相组的第二个线圈里。

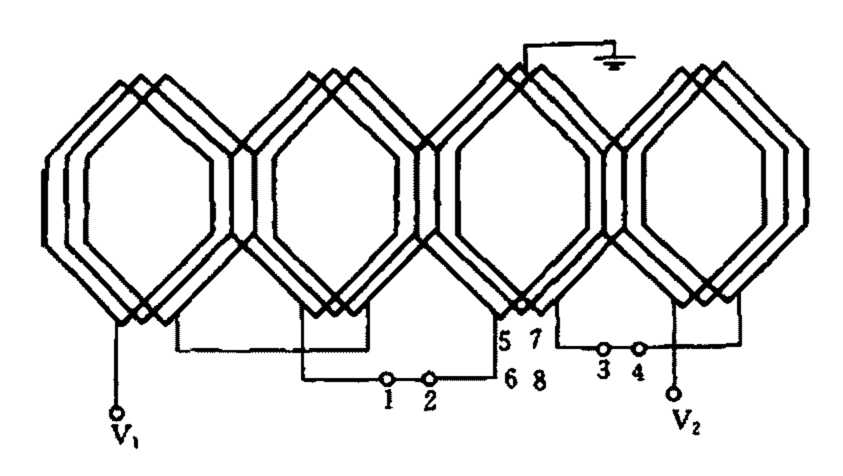


图1-26 用分段法寻找绕组接地故障

除以上检查方法外，检查接地故障还有高压试验法、磁针探索法、工频振动法等。

2.绕组接地故障的修理

绕组接地故障的排除，应先观察绕组的损伤情况，除绝缘已老化变脆外，都可以局部修理。如果接地点在槽口或槽底线圈出口处，而且只有一根导线绝缘损伤，则可将绕组加热，待绝缘物软化后，用划线板撬开接地点的槽绝缘，插入适当大小的天然硬云母片或0.5～1mm的布纹层压板，再涂上绝缘漆并用上述方法复试。如果接地点有两根以上的导线绝缘损坏，则槽绝缘和导线间绝缘要同样修补好。通常填入小片黄蜡布把两根导线隔开，并涂上绝缘漆，以免发生匝间短路故障。如果接地点是某相绕组中的一个线圈，必须重新绝缘线槽或另换一只新的线圈。

对于重新嵌线的电机，有时嵌线用力过猛，不慎破坏槽口处的绝缘，使线圈接地。发现这种情况，可用绝缘纸填入线圈与槽口间，把线圈与铁心槽口隔开。

二、绕组短路故障的检查与修理

绕组短路故障的原因是：电机电流过大；电源电压过高；机械损伤；单相运行；重新嵌绕时碰伤绝缘；绝缘老化变脆等。发生短

路故障后，各相串联匝数就不相等，三相电流不平衡，磁场分布也不均匀，从而造成电机振动、噪声、发热甚至烧毁。

绕组短路分匝间短路、极相组间短路和相间短路。匝间短路：即导线本身绝缘损坏，相邻的导线互相接触；极相组短路：即一个极相组的两根引出线短接；相间短路：即异相绕组相互间的短路。

1. 绕组短路故障的检查

(1)空载检查法：将电机空运转 5~10min(若电机发生焦臭味或冒烟，应立即停车)，然后停车，迅速打开端盖，取出转子，用手摸绕组端部。如果有一个或一组线圈比其他的热，即表示这部分线圈有匝间短路故障存在。也可以仔细观察线圈的端部绝缘有无焦脆等现象，若有这种现象，说明这只线圈可能存在短路故障。然后进一步找出故障点。这种方法虽简单，但很难得到令人满意的效果。

(2)感应电压检查法：将 12~36V 单相交流电通入 U 相，测 V、W 相感应电压；然后通入 V 相，测 U、W 相感应电压；再通入 W 相，测 U、V 相感应电压。记下测量数值进行比较，感应电压偏小的一相即有短路。

(3)电阻检查法：利用电桥测量每相绕组的电阻值，通过计算和比较，来判断某相绕组有无短路。由于绕组的接线方式不同，检查时有如下三种情况：

①△/ Y 接线的绕组，有六个出线端引出机座，可先用万用表找出各相的始末端，然后用电桥分别测量各相绕组，将测得的三个电阻值 R_U、R_V、R_W 加比较。

②电机只有三个引出线端，内部接成星形(Y 接法)，可不必拆开内部并头。在两个线端上测得的电阻，是两相绕组的串联电阻值，如图 1-27 所示。为了知道每相绕组的电阻值，可通过下式计算：

$$R_U = \frac{R_{UV} + R_{UW} - R_{WV}}{2} \tag{1-12}$$

$$R_V = \frac{R_{VU} + R_{VW} - R_{UW}}{2} \tag{1-13}$$

$$R_W = \frac{R_{WU} + R_{VW} - R_{UV}}{2} \tag{1-14}$$

式中：R_U、R_V、R_W 为 U、V、W 各相绕组的电阻；R_{UV}、R_{VW}、R_{WU}为 UV、VW、WU 接线端间的电阻。

③电机只有三个引出线端，但内部是接成三角形(△接法)，如图 1-28 所示。这时，由出线端测得的电阻值是三相绕组的电阻，为了知道每一相绕组的电阻，可用下式计算：

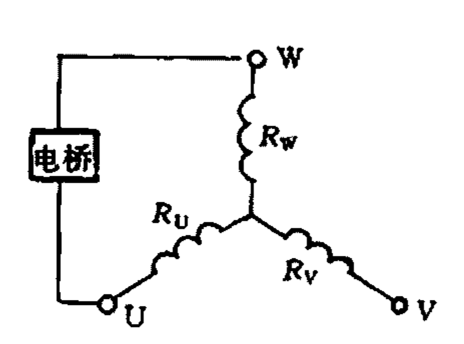


图 1-27 用电阻法寻找星形绕组短路故障

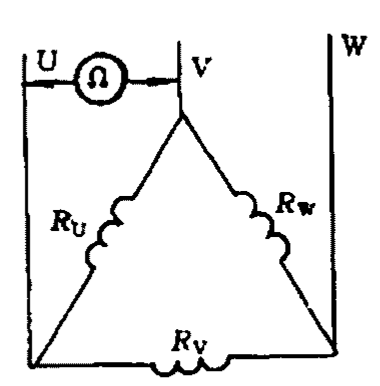


图 1-28 用电阻法寻找三角形绕组短路故

$$R_U = 0.5\left[\frac{4 \times R_{VW} \times R_{UW}}{R_{VW} + R_{UW} - R_{UV}} - (R_{VW} + R_{UW} - R_{UV})\right] \tag{1-15}$$

$$R_V = 0.5\left[\frac{4 \times R_{UW} \times R_{UV}}{R_{UW} + R_{UV} - R_{VW}} - (R_{UW} + R_{UV} - R_{VW})\right] \tag{1-16}$$

$$R_W = 0.5\left[\frac{4 \times R_{VU} \times R_{VW}}{R_{UV} + R_{VW} - R_{UW}} - (R_{VU} + R_{VW} - R_{UW})\right] \tag{1-17}$$

将以上计算结果进行比较，如果电阻值平衡，说明绕组短路的可能性不大；如果电阻值有一定的差额，很可能有短路故障，应进一步查明故障点所在线圈。

(4)电压降检查法：把有短路的那一相各极相组间连接线的绝缘套管剥开，并从引线处通入适当的低压交流电或直流电(36～

60V)，用电压表测量每组连接点的电压降，读数小的那一组即有短路存在，如图 1-29 所示。为了进一步找出短路发生在哪一个线圈里，可把低压电源改接在极相组的两端，在电压表的引线上连接两根插针(外套绝缘柄)，刺入每个线圈的两端，其中量得电压最低的线圈，就是有短路故障点的线圈。

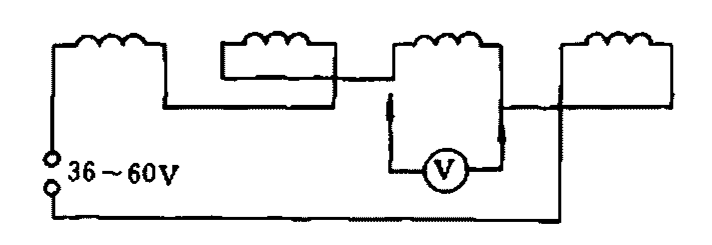


图 1-29 用电压降法寻找绕组短路故障

(5)短路侦察器检查法：短路侦察器是一个按照变压器原理制成的检查异步电动机绕组短路的一种仪器。它由 H 形硅钢片叠成，凹槽中绕有线圈。测试时，定子绕组不接电源，把侦察器的开口部分放在被检查的定子铁心槽口上，如图 1-30 所示。在侦察器线圈的两端接上单相交流电(一般 36～60V)，侦察器与定子铁心就构成一个磁回路，侦察器的线圈就相当于变压器的初级线圈，而被检查的槽内线圈相当于变压器的次级线圈。因为所检查的线圈是开路的，所以电流表读数很小，若被检查的线圈有短路，则串在侦察器线圈回路里的电流表读数就会增大。没有电流表时，也可将一块薄铁片(如废手锯条)放在被检查线圈的另一边槽口上，若被检查线圈有短路，线圈内就有感应电流流通，铁片被槽口的磁性吸引会发生振动，并发出“吱吱”声。逐槽移动检查，便可找出短路线圈的位置。使用侦察器应注意：

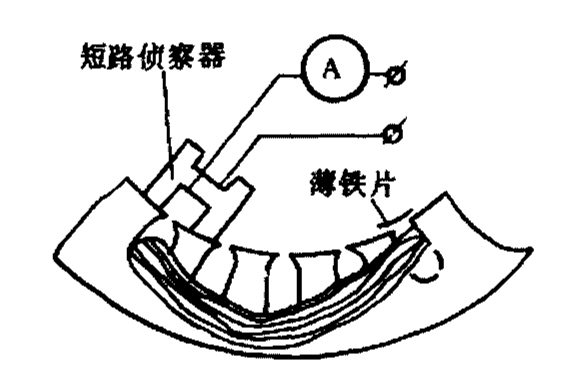


图 1-30 用短路侦察器寻找绕组短路故障

①电机引出线端是"△"形连接的要拆开。

②绕组是多路并联的要先拆开并联支路。

③在双层绕组中，一个槽内嵌有不同线圈的两条边，要确定究竟是哪一个线圈短路时，应分别将铁片放在左边相隔一个节距的槽口和右边相隔一个节距的槽口上都试一下，如图 1-31 所示。

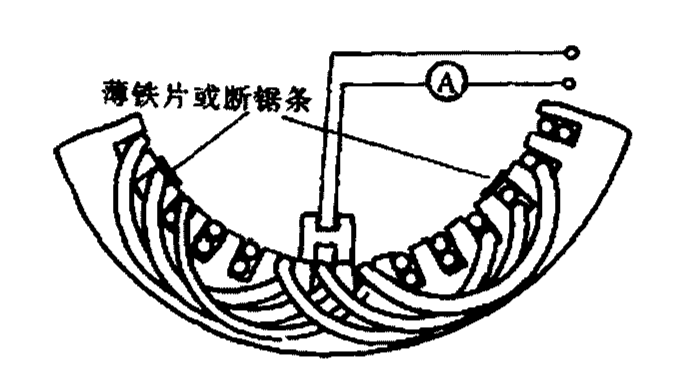


图 1-31　用短路侦察器寻找双层绕组短路故障

在使用侦察时，应先将侦察器放在定子铁心上，使磁路闭合后再接通电源。若磁路不闭合，线圈中会产生很大电流，时间稍长侦察器线圈便易烧坏。

2.绕组短路故障的修理

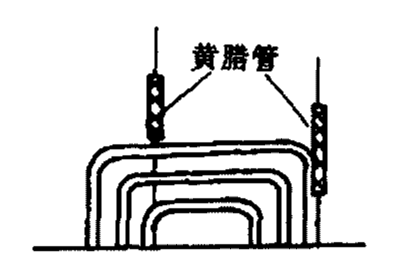
一般最易短路的是同极同相、相邻两个线圈、上下两层线圈，以及线圈的槽外部分。

如果短路线圈的导线绝缘还未烧坏，可以局部修理，方法如下。

(1)整个极相组短路：主要是由于极相组间的连接线上黄蜡套管没有套到线圈的槽部，或黄蜡管已被压破所致。典型的极相组短路故障如图 1-32 所示。同心式绕组发生此故障较多。

查出相间短路时，可将绕组加热至 110℃左右，使线圈绝缘软化，用划线板撬开引线处，将黄蜡管重新套到接近槽部(图 1-33)或用绝缘纸垫好，即可排除故障。

(2)线圈间短路：这是由于每个线圈与本组的其他线圈过桥线



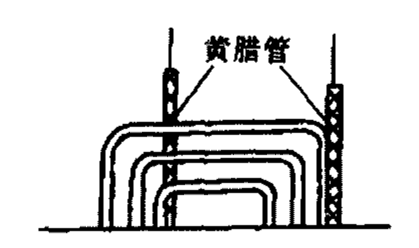


图 1-32 极相组短路　图 1-33 极相组短路故障的排除

处理不当，或叠绕式线圈嵌线方法不恰当，整形时用锤猛击，造成线圈间短路。双纱包线或玻璃丝包线尤其容易发生这种故障，如图 1-34 所示。如果短路点在端部，可用绝缘纸垫妥修复。

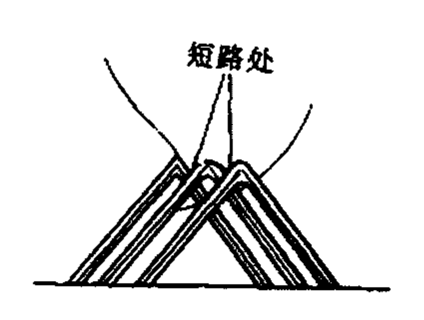


图 1-34 匝间短路

(3)线匝间短路：这是由于导线绝缘破裂所造成的。例如，嵌线时槽满率较高，压破导线绝缘；修理断线时，断线处焊接温度太高，烧焦导线绝缘等。因为匝间短路的电流很大，当发现短路故障时，往往这几匝导线已烧成裸线。如果槽绝缘还未完全烧焦，可以将短路的几匝导线在端部剪开，在绕组烘热的情况下（一般加热至 110℃左右），用钳子将已坏的导线抽出，如图 1-35(a)所示。若短路的匝数少于槽内总匝数的 30%以下时，则不必再穿补新导线，只需将原来的线圈接通，即可继续使用。这样做电气性能较差。若整圈短路，占每相总线圈数的 1/12 以下时，可以局部修理，拆去短路导线，穿上新导线。若急用，可以采用跳接法处理，如图 1-35(b)所示。跳接时，把短路的一端割开，用绝缘材料把两个端头包好，再把线圈的两个线头用导线连接起来。采用这种应急措施应适当减低负荷，使用完毕后可按上述修理方法进行修理。

双层绕组，短路的线圈又在下层时，可把上层线圈轻轻向上撬起，然后再用上述方法修理。

注意抽出短路损坏的导线时，不要碰伤相邻的线匝。

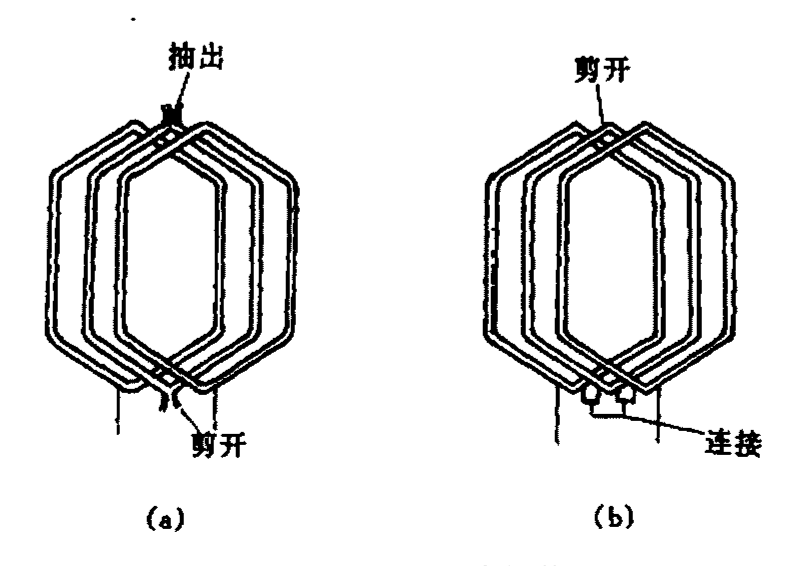


图1-35 匝间短路的修理

三、绕组断路故障的检查与修理

绕组断路故障的主要原因是:接线头焊接不良而松脱;绕组受到外界机械力的作用而断裂;绕组短路引起绕组发热而断路;在并绕的几根导线中有一根或几根导线断路时,另几根导线由于电流密度的增加而温度上升,引起断路等。电机绕组断路后,将无法运行,多路并联的绕组中有一路断路,会造成三相电流不平衡,使绕组电流剧增,若不及时发现停机,则电机很快烧毁。

1. 绕组断路故障的检查

断路故障比较容易检查,可以用万用表、电桥、摇表或试灯等检查。查出某相绕组确有断路故障后,再拆开极相组间或线圈间连接线,逐级检查,便可找出断路故障点。

一般7kW以上的电机绕组,则采用2根以上的导线并绕或二路并联。这种电机如果有较大"嗡嗡"声,三相电流不平衡以及电机温升增高等现象发生,又没有上述短路现象,则可能是一根导线或一路绕组断路。检查方法有以下两种:

(1)电流表检查法:如图1-36(a)所示。电机空载运行时,用电流表测三相电流。若三相电流不平衡,又无短路现象,则电流较小的一相绕组有部分断路。

(2)电桥检查法：如图 1-36(b)所示。当电机某一相电阻比其他两相的电阻值大时，说明该相绕组有部分断路故障。

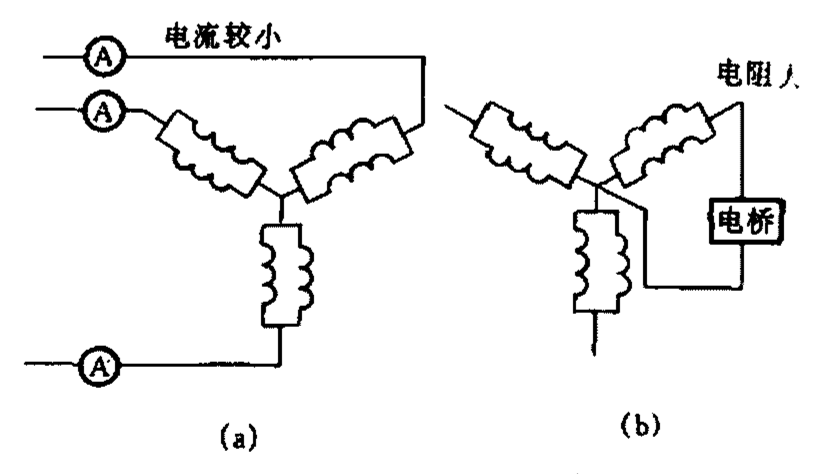


图 1-36　绕组断路故障的检查

2.绕组断路故障的修理

绕组断路往往是引出线和引出线接头没有焊好或扭断所致，可将断裂的导线重新连接焊好，并包好绝缘(如果导线是二根以上并绕的，连接时就必须分清导线的端头，不然会引起电流增大)；绕组连接并头处焊接不良，可以重新焊接；若绕组断路在槽内，可用穿线法更换个别线圈。方法与短路修理相同；绕组断路严重时，必须更换绕组。如果电机急用，可以采用处理绕组短路故障的跳接法进行处理。采用这种应急措施时，也和跳接短路线圈一样，应略微降低负载。使用完后应按正常修理方法进行处理。

四、绕组接错的检查

电动机绕组是按一定规律进行连接的，如果对绕组的连接规律不熟悉，或工作疏忽，就容易使绕组接错，形成不完整的旋转磁场，造成起动困难、三相电流不平衡、噪音大等。严重时甚至无法起动，并发出低沉吼声和剧烈振动，电流急剧上升且严重不平衡，如不及时停机，很快就会冒烟烧坏绕组。

绕组接线错误大致有以下几种情况：某极相组中一只或几只线圈嵌反或头尾接错；极相组接反；某相绕组接反；多路并联绕组

支路接错；"△"、"Y"接法错误等。

绕组接线错误可用以下几种方法来检查。

1. 指南针检查法

把 3～6V 的直流电压通入一相绕组（蓄电池、干电池或低压整流器均可）上，用一指南针沿着定子内圆周移动，如图 1-37 所示。如果绕组没有接错，指南针顺次经过每一极相组时就南北交替地变化；如果指南针经过某一极相组时指向不定，则该极相组的线圈可能接反或嵌反。照这样，依次测试三相绕组。

对于星形接法的绕组，测试时可不必拆开连接点，只需将电源两端分别接到中性点和某一相绕组的出线端即可；对于三角形接法的绕组，则必须拆开三相绕组的连接点，再分别测试。

2. 旋转滚珠检查法

将电机转子抽出，在定子铁心腔内放一个滚珠（即滚动轴承内的滚珠），然后把定子绕组接上三相电源。如果绕组没有接错，三相电流产生的旋转磁场，会使滚珠沿着定子铁心内圆滚转，如图 1-38 所示。如果有接反的绕组，磁场错乱，滚珠就不会滚转或发生反转现象。作这一试验的时候，要注意时间不宜过长，否则就会烧坏定子绕组。或用三相调压器降低三相电压，再作此试验。

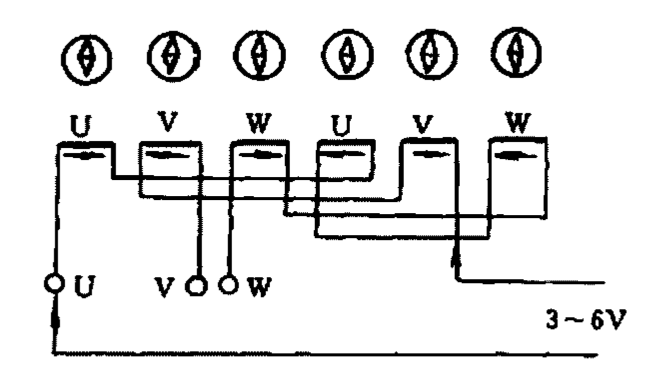


图 1-37　用指南针检查绕组接线

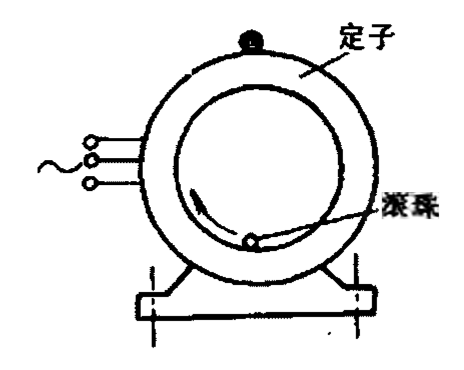


图 1-38 用滚珠检查绕组接线

用此法可以简捷地试出定子绕组是否接错或嵌反，但不能确定是哪个线圈或绕组接错。

3. 灯泡检查法

电动机的绕组有 6 个引出线端，每个线端都固定在相应的接线柱上，如图 1-39 所示，如果标记失落或标错，就容易接反相位，如图 1-40 所示。这种情况下，必须先判明绕组的始末端，方法如下：

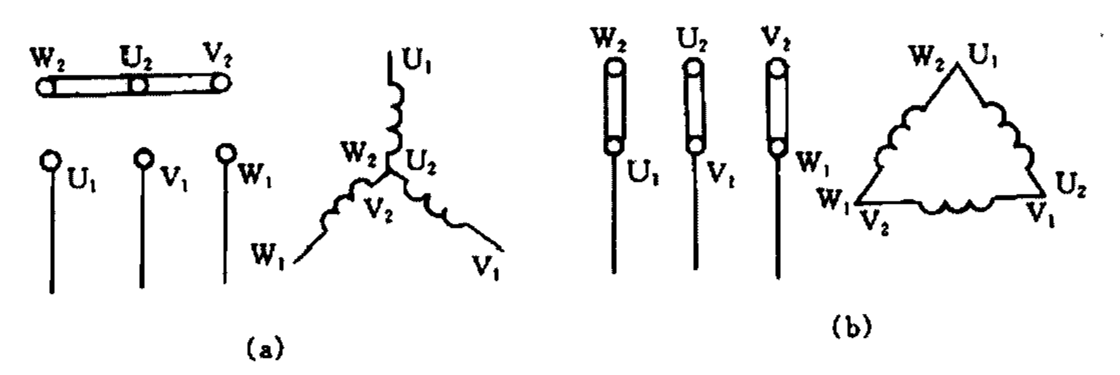


图 1-39　三相绕组的接法与引出线标志

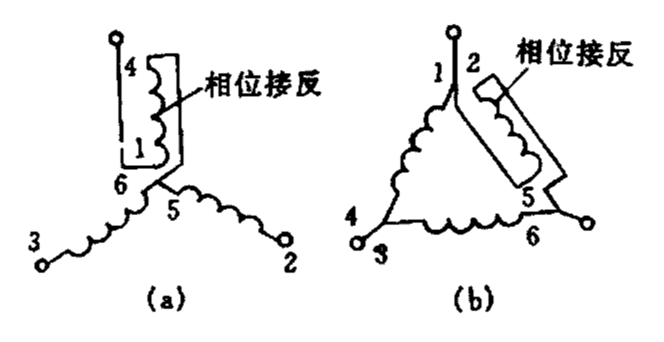


图 1-40　相位接反

先用万用表或摇表判明哪两个线端是属于同一相绕组的，然后按图 1-41 或图 1-42 把两相绕组串联，串联的两相和另外一相绕组分别接上交流电源和灯泡。如果灯泡发光，就说明串联的两相绕组是正串联，即一相的始端接另一相的末端；如果灯泡不亮，则说明这两相是反串联，可将其中一相的首尾对调。判明这两相的始末端后，再把其中一相与另一相串联，用同样方法测试，就可以判别出三相绕组的始末端。

4. 万用表检查法

将三相绕组接成"Y"形，其中任意一相接上低压 36V 交流电

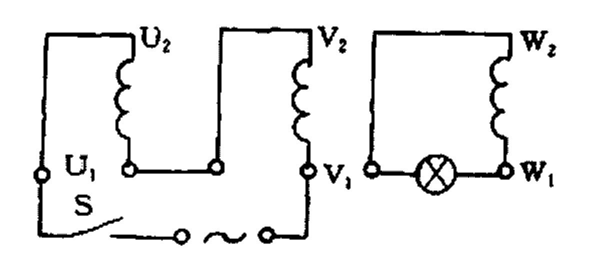


图 1-41　用灯泡判别绕组的始末端(一)

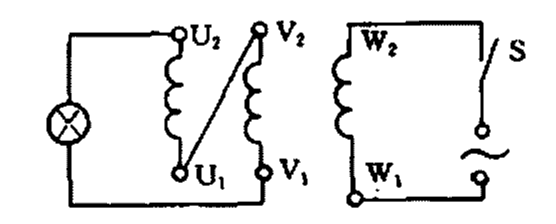


图 1-42　用灯泡判别绕组的始末端(二)

(可使用行灯变压器),然后在其余两相的出线端接入万用表的10V 交流档,如图 1-43(a)所示。记下有无读数,然后改接成图 1-43(b)的形式。再记下有无读数,即可判定。

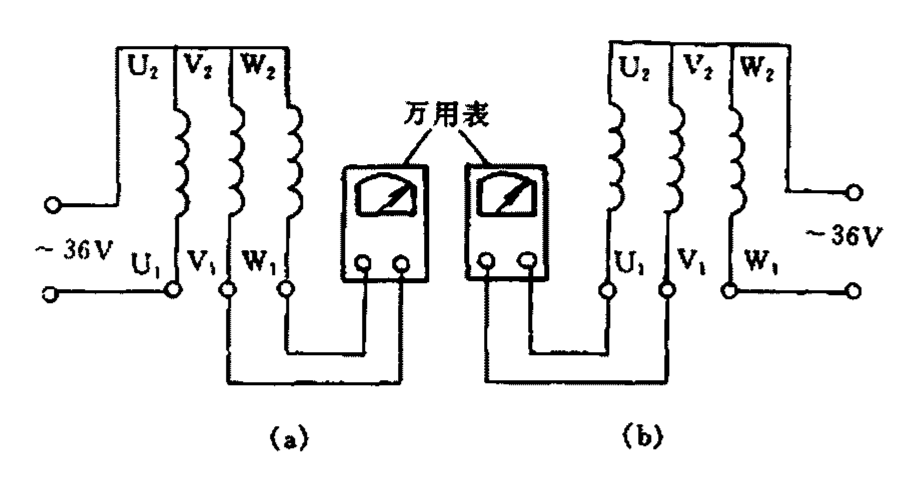


图 1-43　用万用表判别绕组的始末端

若两次都无读数,说明接线正确;若两次都有读数,说明两次都没有接电源的那一相首尾颠倒了,即图中的中间相颠倒了;若只有一次无读数,而另一次有读数,说明无读数的那一次接电源的一相颠倒了。

用干电池(甲电)作电源,万用表选 10V 以下直流电压挡,按上述方法也可判断三相绕组的始末端。

5. *旋转方向法*

这种方法无需仪表和低压电源,只需将电动机三相绕组接成

Y形,且星形点接地,如图1-44所示。用两根电源接线分别顺序接在电机的两个引出线端,观察电机的旋转方向。

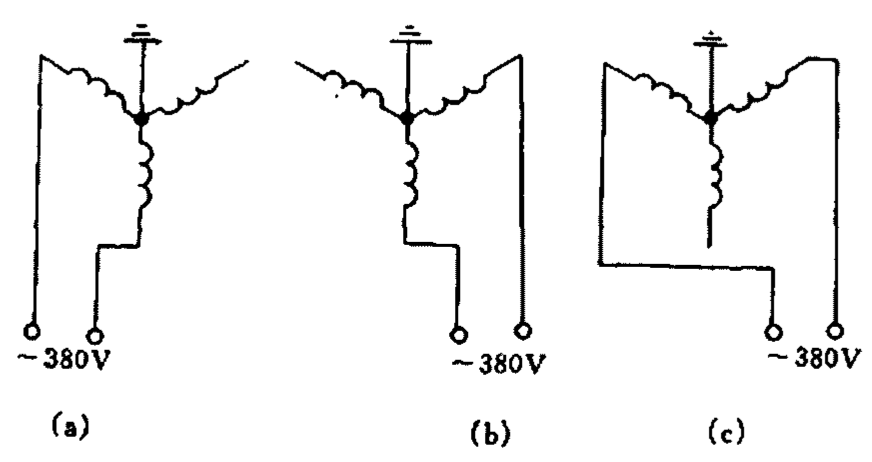


图1-44 用旋转方向法判别绕组的始末端

若三次接上去,电机的转向是一样的,说明三相首尾接线正确。若三次接上去,电机有两次反转,说明参与过两次反转的那相绕组接反了。例如,第一次接U、V相,第二次接V、W相,两次都反转,V相有两次参与,说明V相接反,将V相的两个端头对调即可。

五、局部线圈损坏的修理

无论各种原因造成线圈的损坏,如果尚未引起绕组的绝缘破坏时,可对损坏的线圈进行局部修理。这样不但节省工时和材料消耗,而且能使电动机尽快投入运转。

一般采用的检修方法有如下几种:

1. 加强绝缘法

当绕组对地绝缘击穿、相间短路、线圈间短路以及匝间短路时,经检查故障点能明显看出来,且破坏的程度尚未扩大,则可以把故障点垫上绝缘物加强绝缘,再涂绝缘漆后烘干,故障便可排除。

对于高压电机线圈,也可采用环氧粉末溶敷修补工艺。首先将绝缘损坏处清除干净,然后将线圈加热到100℃左右,将由环氧

树脂、石英粉末和乙二胺按100:50:8的重量比配成的绝缘粘结剂，趁热滴入损坏处密封，在室温中固化。这种修补的绝缘性能较好，质量也较高。

2. 断路焊接法

当绕组断路故障是连接线或引线脱焊，或线圈断线点处在铁心槽外时，可将断路点清理干净，用非腐蚀性焊剂（如松香等）用锡焊牢，包扎绝缘物后，再涂绝缘漆烘干即可。

3. 跳接法

跳接法分为线圈跳接和线匝跳接。

线圈跳接是把接地、短路或断路的故障线圈从绕组中切除出去的一种应急措施。当损坏线圈的故障点在槽内或无法确定时，可用如图1-45的办法，将故障线圈在端部剪断，包好绝缘，然后用导线把这个线圈相邻的两个线圈的两个线头连接起来，跳过这个线圈。这就是线圈跳接法。跳接处理适宜于不满负载的电动机中应急采用，有时它可以正常运行很长时间。作者曾用线圈跳接法修过一台洗衣机洗涤电机，该电动机一直运行正常。如图1-45所示，副绕组中（虚线）第2把线圈未参加运行。但跳接法不宜应用于二极电动机。

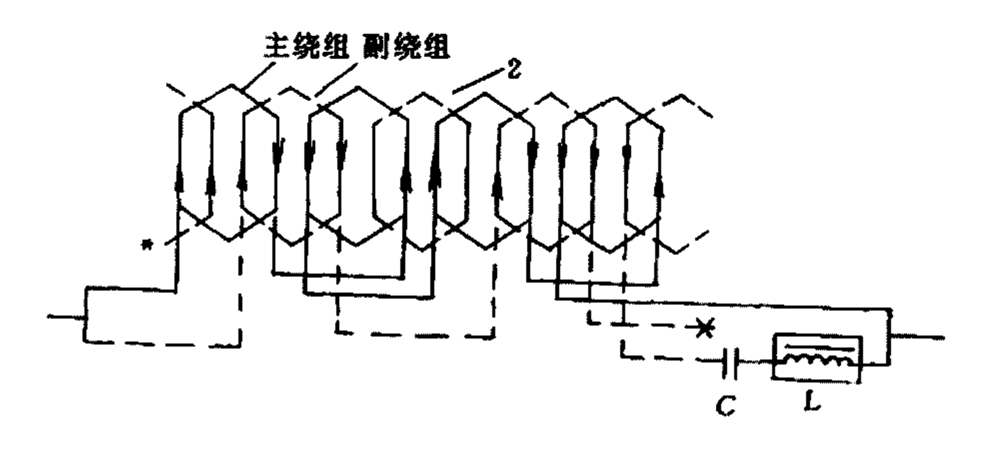


图1-45 线圈跳接法处理故障线圈示意图

线匝跳接法就是线圈断路后，又查不到断裂点，就可试用线匝

跳接法。刮开断路线圈的端部线匝绝缘，找出如图 1-46 所示 x_1、x_2 互相不通的两点，但 a_1 和 x_1、a_2 和 x_2 应分别通路，且有尽量大的电阻值(可以多选几点测试)，然后将 x_1 和 x_2 连接起来，并包好绝缘。这样便可以跳过断路的一些线匝，并保证故障线圈有一定的匝数投入运行。

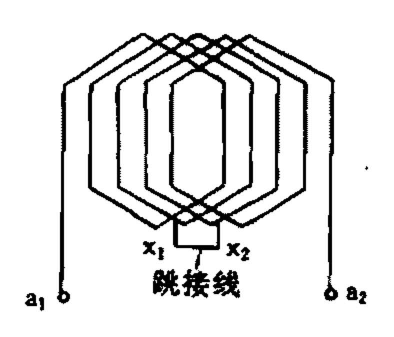


图 1-46 线匝跳接法处理断路故障示意图

4. 穿绕修补法

电动机定子绕组个别线圈损坏后，如不宜采用上述方法处理时，可以考虑穿绕修补法。采用穿绕修补时，要先把绕组加热到 120℃左右，使线圈绝缘物软化，取下坏线圈的槽楔，并剪断坏线圈的两边端部。然后用钳子从槽底把导线一根一根抽出(如果是上层线圈，则应从槽面抽出)，注意不要碰伤其他线圈。再把槽中杂物清理干净，但不要破坏原来的槽绝缘，另用一层聚脂薄膜青壳纸卷成圈筒，插进槽内作为新导线槽绝缘。把直径比导线略粗并打过蜡的竹签作为假导线插入绝缘套内，取略长于坏线圈总长的新导线，从新导线总长的中点开始穿线。穿线时，可边抽出竹签假线，边跟随穿入新导线，如果新导线过长时，也可以截为两段，分别穿绕好后，再在线圈端部连接。穿绕完毕后进行接线和整理端部，检查绝缘和进行必要的试验，证明良好方能浸漆烘干。

采用这种方法修补，工艺比较复杂，但节省工料，也没有局部拆换线圈时所造成的损坏程度。但如果损坏的线圈较多时，不宜采用穿绕修补，只能全部拆换线圈。

第二章　单相异步电动机

本章着重介绍了单相电容裂相式异步电动机、电阻裂相起动式异步电动机和罩极式异步电动机的结构与转动原理；讲述了定子绕组的特点以及单相异步电动机的调速原理；并介绍了型号与铭牌，提供了小功率三相异步电动机改作单相运行的方法。

§2-1　单相脉振磁场的分解

单相异步电动机的定子绕组是单相的，转子是笼式的。图 2-1 是单相异步电动机结构的示意图。

当定子绕组中通入单相交变电流时，在定子内产生一个位置固定，大小随时间按正弦规律变化的脉振磁场，图 2-1 中虚线的方向表示脉振磁场的正方向。

三相电动机我们已经讨论过，笼式转子在旋转磁场作用下产生电磁转矩，因而能够自行起动而旋转，那么笼式转子在脉振磁场作用下是否也能够自行起动而旋转起来呢？为此，我们先来对单相异步电动机的脉振磁场进行分析。

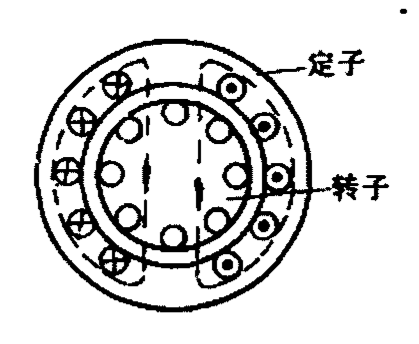


图 2-1　单相异步电动机

可以证明，一个按正弦规律变化的脉振磁场，可以分解成大小相等、频率相同、方向相反的两个旋转磁场，这两个旋转磁场的磁通最大值 Φ_{1m} 和 Φ_{2m} 相等，是脉振磁场磁通最大值的 1/2，两个旋转磁场的转速为

$$n_1 = \pm \frac{60f}{p}(\mathrm{r/min})$$

下面我们用图解法来说明以上的结论是正确的。

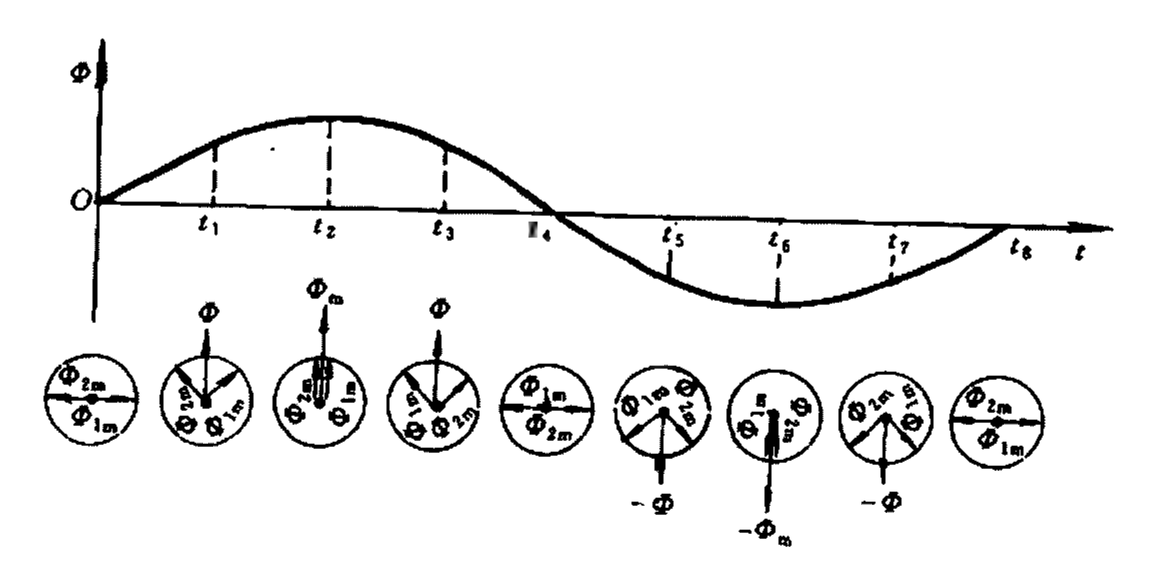


图 2-2　脉振磁场的分解

图 2-2 画出了脉振磁场的磁通随时间变化的正弦波形和两个旋转磁场的合成磁场的磁通变化规律。图中表明,由磁通最大值 Φ_{1m}和 Φ_{2m}相等而转动方向相反的两个旋转磁场合成的磁场,它的磁通在任一瞬间都与对应的脉振磁场的磁通瞬时值相等。通常我们把顺时针方向旋转的磁场称为正转磁场,把反时针方向旋转的磁场称为反转磁场。它们分别对转子产生正转转矩和反转转矩。当转子静止不动时,由于这两个旋转磁场与转子之间的相对速度大小相等,方向相反,因此作用于转子的正转转矩和反转转矩大小相等而方向相反,所以起动转矩为零,电动机在脉振磁场下不能自行起动。

若用外力推动一下转子,使它在正转转矩的方向获得转速 n_2,于是转子与正转磁场之间的转差率

$$s^+ = \frac{n_1 - n_2}{n_1} < 1$$

而与反转磁场之间的转差率

$$s^- = \frac{-n_1 - n_2}{-n_1} = \frac{n_1 + n_2}{n_1} = \frac{n_1 + n_1(1 - s^+)}{n_1} = 2 - s^+ > 1$$

因此，转子就在正转转矩的方向加速，直至达到稳定运行状态。

同理，倘若推动转子的外力和反转转矩的作用方向相同，去掉外力后，电动机就继续在反转转矩的方向转动起来。

§2-2 单相异步电动机的结构特点与转动原理

为了使单相异步电动机能自行起动，就得设法使定子绕组产生旋转磁场，目前常用的方法有裂相法和罩极法。

一、电容裂相式异步电动机

用电容器裂相起动单相异步电动机，是目前应用最广泛的单相电动机。它的定子是分布绕组，转子是笼型的。在定子上除装有工作绕组 ω 外，还有起动绕组 s。起动绕组和电容器 C 串联后，与工作绕组并联接入电源，如图 2-3 所示。电容器的作用是将起动绕组电路变为电容性电路，使电流 $\dot{I}_2$ 导前于电源电压 $\dot{U}$，而工作绕组的电流 $\dot{I}_1$ 滞后于电源电压 $\dot{U}$。如果电容器的容量选择适当，可以使 $\dot{I}_1$ 和 $\dot{I}_2$ 之间互差 90°相位差。也就是说，电容器的作用是把单相交流电分裂成两相交流电，分别加在工作绕组和起动绕组上。因此从工作原理上来讲，单相电动机实质上相当于一台两相异步电动机。

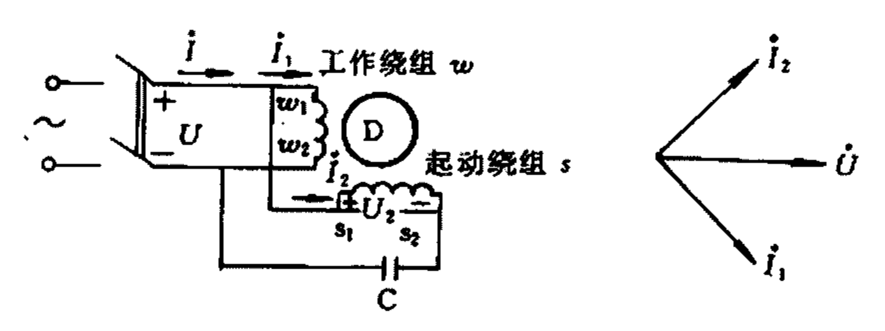


图 2-3 单相电容电动机的裂相原理

当具有 90°相位差的两个电流 $\dot{I}_1$ 和 $\dot{I}_2$,通过相差 90°的两相绕组时,它们所产生的合成磁场也是一个旋转磁场,如图 2-4 所示。其分析方法和三相电流在三相绕组中建立旋转磁场的方法类同。在这个旋转磁场的作用下,笼型转子就产生起动转矩而自行起动。这种电动机称为单相电容式电动机。

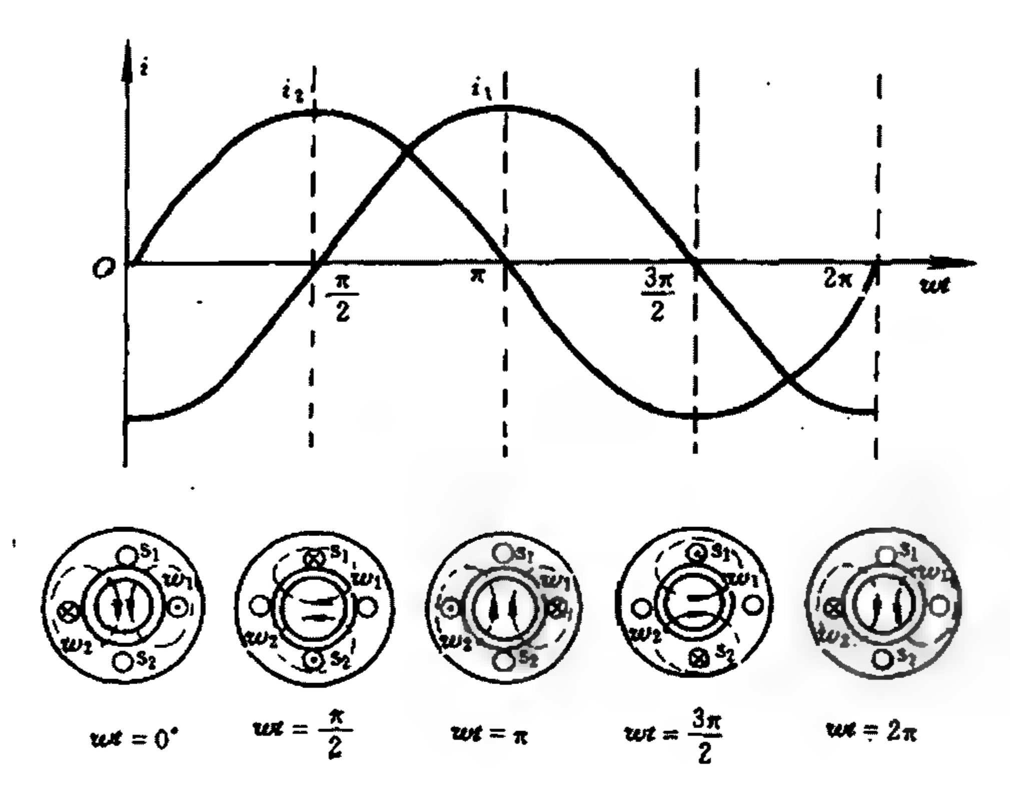


图 2-4 两相绕组中通入两相电流所产生的旋转磁场

从对图 2-4 的分析也可以看出，电动机的旋转方向决定于通入两相绕组的电流 $\dot{I}_1$ 和 $\dot{I}_2$ 的相序。如图所示为 $\dot{I}_2$ 导前于 $\dot{I}_1$,电动机按顺时针方向旋转。

当电动机起动后,起动绕组和电容器可以继续接在电路中工作,如图 2-3 所示,叫做电容运转电动机。也可利用离心开关的作用把它们从电路中断开,叫做电容起动电动机。如图 2-5 所示。离心开关 S 装在转轴上,但它在电路中是与起动绕组和电容器相串联,在起动和低速时,离心开关借弹簧的作用保持闭合状态,起动后高速运转时,由于离心力的作用而自动断开,电动机就只有工

作绕组继续运行。

二、电阻裂相起动式异步电动机

电阻裂相起动电动机的基本结构和工作原理与电容裂相式电动机相似。它的定子中嵌有两个并联绕组，如图 2-6 所示，其主绕组的导线粗且匝数多；副绕组采用较细的导线绕制且匝数较少。两者比较起来，主绕组的电抗较大而电阻较小，可近似地看成是一纯电抗元件。与主绕组在空间上相距 90°电角度的副绕组的电阻远大于电抗的值，可近似地看成是纯电阻元件。当同时接入单相交流电时，由于两绕组中的电抗和电阻分量不同，副绕组中的电流 $\dot{I}_2$ 比主绕组中的电流 $\dot{I}_1$ 先期达到最大值，即电流 $\dot{I}_1$ 滞后于电流 $\dot{I}_2$。如 $\dot{I}_2$ 滞后电源电压 $\dot{U}$的角度为 φ_1，则 $\dot{I}_1$ 滞后电源电压 $\dot{U}$的角度为 φ_2，如图 2-7 所示。

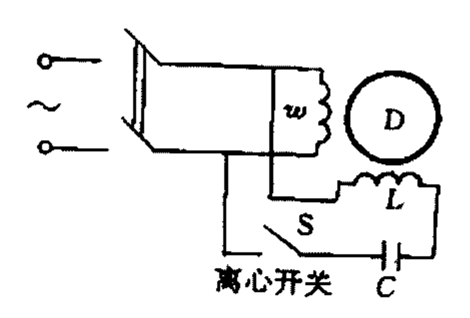


图 2-5 单相电容起动电动机

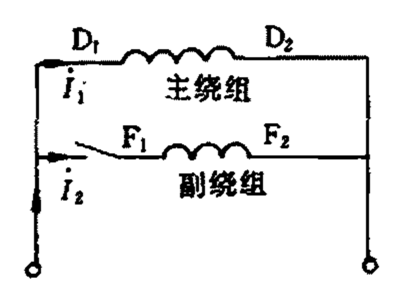


图 2-6 电阻起动电动机原理图

分析上图，$\dot{I}_2$ 与 $\dot{I}_1$ 的相位差为 $\varphi_2 - \varphi_1 = \varphi$，虽然 φ 的角度还未达到 90°，但这个相位差足够大时，就能产生和两相电流性质类似的旋转磁场，从而使转子沿着旋转磁场的方向而旋转。当转速达到额定值的 70% ~ 80% 时，副绕组完成了供给

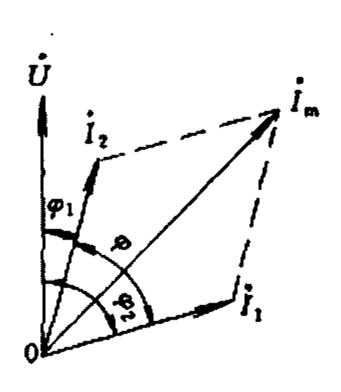


图 2-7 电阻起动电动机电流向量图

旋转磁场的任务，通过开关断开，将副绕组从电源切除，电动机正常运转。电冰箱电动机就是典型的电阻裂相起动式异步电动机。

三、罩极式异步电动机

罩极式异步电动机定子大多是用硅钢片叠压成凸极式定子铁心，转子是笼式的。定子绕组就套装在凸极式磁极上；并在每个磁极表面上开有一个凹槽，将磁极表面分成大小两部分，在小的部分上再套着一个短路铜环，如图 2-8 所示。当定子绕组通过交流电而产生脉动磁场时，由于短路铜环中感应电流的作用，使通过磁极表面的磁通分为两部分。这两部分磁通不但在数量上不相等，而且在相位上也不同相，被短路环罩着的这部分磁通滞后于另一部分的磁通。这两个在空间上不是同一位置，在时间上又有相位差的磁通，形成了旋转磁场。在这个旋转磁场的作用下，笼式转子就产生起动转矩而自行起动，它的旋转方向是由磁极的未罩部分向被罩部分的方向旋转，如图 2-8 中的箭头所示。这种电动机的优点是构造简单，但起动转矩小，只适用在小电风扇和小型鼓风机上。

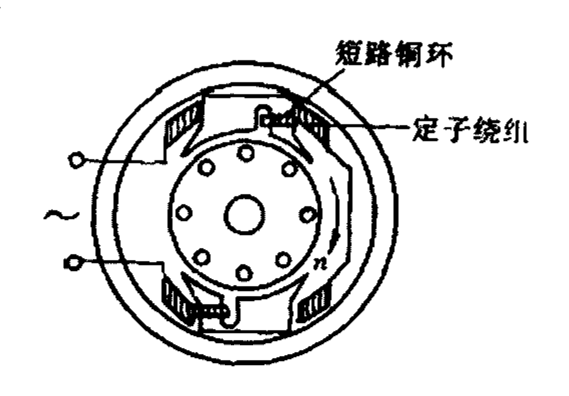


图 2-8 罩极式电动机结构示意图

罩极式旋转磁场详述如下：

单相罩极电动机的定子绕组通有单相正弦电流，产生主磁通 Φ_1。单相正弦电流的变化曲线如图 2-9(a)所示，根据电磁感应定律，在罩极线圈中将产生感应电流，这个感应电流也在电机气隙中产生磁通 Φ_2，Φ_2 总是阻止 Φ_1 的变化的。在电流变化曲线的起始阶段 oa 段，电流随时间的变化率较大，所以主磁通 Φ_1 也增长很快，此时，罩极线圈中感应电流所产生的磁通 Φ_2 也随之增大，其方向与 Φ_1 相反，阻止 Φ_1 的增加。这时，在罩极部分的极面下，磁

通密度减小，大部分磁通通过罩极铁心以外的部分，使磁场的轴线接近于未罩部分的中心位置，如图 2-9(b)所示。

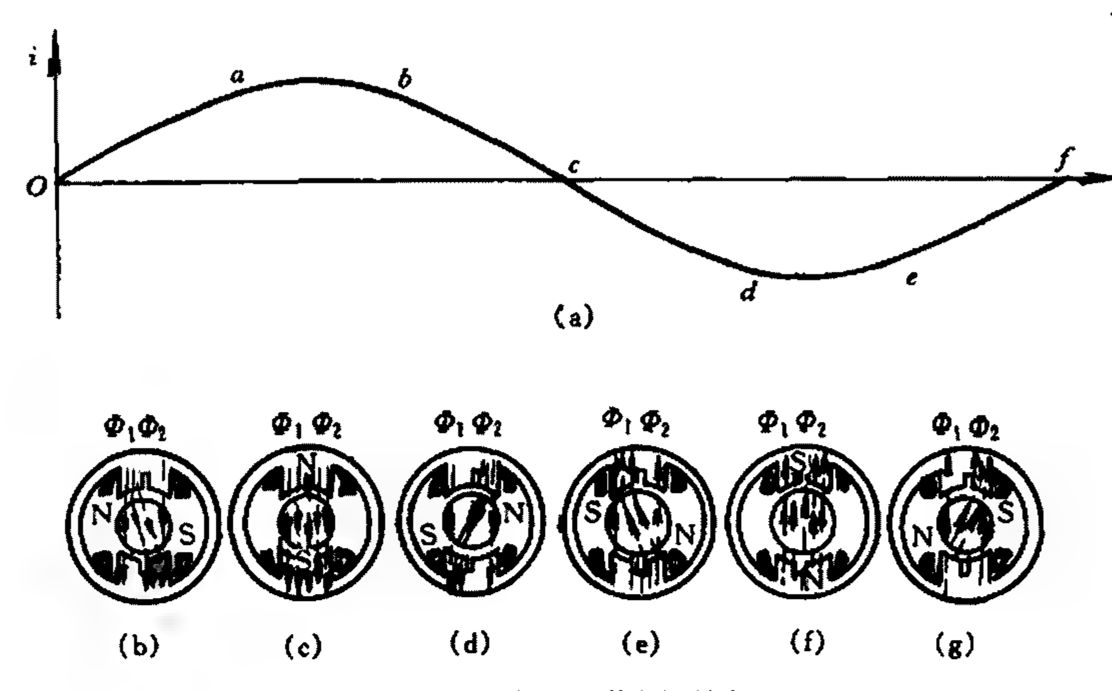


图 2-9 罩极电动机工作原理图

当电流继续变化到曲线 *aM* 段时，电流的增长率比 *oa* 段要小一些，则罩极线圈内的感应电流减小，它所产生的反抗主磁通变化的能力减弱。因此，磁极下的磁场轴线将朝罩极部分向右移一些。当定子绕组的电流变化到曲线的顶点 *M* 时，电流随时间的变化率为零，则罩极线圈内的感应电流便等于零，磁场线圈所产生的主磁通便均匀地分布在整个磁极下面，磁场轴线就移到了极面的中心，如图 2-9(c)所示。当电流曲线变化到 *Mb* 段时，则电流随时间的增加而减小，而罩极线圈中感应电流所产生的磁通 Φ_2 是阻止主磁通 Φ_1 减小的，因而 Φ_2 与 Φ_1 的方向相同，这样就使罩极铁心部分磁通密度增加，磁场轴线继续向右移动。

当电流变化到 *bc* 段时，电流随时间的增加而下降的更快，罩极线圈中的感应电流增大，它所产生的磁通 Φ_2 也更强。由于 Φ_1 与 Φ_2 方向相同，所以罩极铁心部分的磁通更密了，从而使磁场轴线移到了被罩部分的极面下，如图 2-9(d)所示。

同理，当电流变化到负半周时，根据同样的分析可知，这个反方向磁场的轴线也是从未罩部分向被罩部分连续移动的。从而罩极电动机便获得了类似两相绕组所产生的旋转磁场，使电动机起动和运转。

罩极式定子磁场的转向和转子的转向始终是从未罩部分向着被 罩部分的方向旋转。若要改变转向，可把电动机定子铁心拆下，翻一个身再装进去，即可改变转向。

罩极电动机被罩部分面积的大小与其起动、运行性能有关，面积大，起动转矩大，但损耗和噪音亦相应增大。因此，被罩部分一般占整个磁极面积的 1/2 至 1/3 为宜。隐极式绕组仍如此。

四、单相异步电动机结构特点和应用

不同类型单相异步电动机的容量范围分别与起动电流、起动转矩、功率和功率因数等有直接关系。其结构类型与一般小型三相异步电动机相似。多数单相异步电动机定子铁心上有主绕组和副绕组，两者的轴线在空间相距 90°电角度，并接在同一单相电源上。单相异步电动机的接线原理图、性能、结构特点及适应范围见表 2-1。

§2-3　单相定子绕组

单相异步电动机定子绕组种类较多，按槽内导体层数可分为单层和双层绕组；按绕组安排的形状分，单层绕组又有同心式、交叉式和链式之别，双层绕组又分为叠绕组和波绕组；按槽内导线的分布规律分，则有正弦绕组、非正弦绕组、集中绕组和分布绕组等。

单层绕组、双层绕组、交叉式及链式绕组，在第一章中已作了详细介绍，本章主要介绍单相异步电动机中常用的同心绕组、正弦绕组、罩极式电动机绕组。

表 2-1　单相异步电动结构特点和应用

电动机类型	电阻起动	电容起动	电容运转	电容起动和运转	罩　极　式
基本系列代号	BO	CO	DO		
接线原理图					
机械特性曲线 $\frac{T}{T_N}=f(n)$ $\frac{T}{T_N}$ - 输出转矩倍数 T_N - 额定输出转矩 n - 转速					

（续表）

电动机类型	电阻起动	电容起动	电容运转	电容起动和运转	罩　极　式
基本系列代号	BO	CO	DO		
最大转矩倍数 T_{max}	>1.8	>1.8	>1.6	>2	
最初起动转矩倍数	1.1～1.6	2.5～2.8	0.35～0.6	>1.8	<0.5
最初起动电流倍数	6～9	4.5～6.5	5～7		
功率范围/W	40～370	120～750	8～180	8～750	15～90
额定电压/V	220	220	220	220	220
同步转速/r·min⁻¹	1500;3000	1500;3000	1500;3000	1500;3000	1500;3000
结　构　特　点	定子具有主绕组和副绕组，它们的轴线在空间相差90°电角度。电阻值较大的副绕组经起动开关	定子主绕组、副绕组分布与电阻起动电动机相同，但副绕组导线较粗，副绕组和一个容量较大的起动	定子具有主绕组和副绕组，它们的轴线在空间相差90°电角度。副绕组串联一个工作电容器(容量较	定子绕组与电容运转电动机相同，但副绕组与两个并联的电容器串联。当电动机转速达到75%～80%同步转速时，	一般采用凸极定子，主绕组是集中绕组，并在极靴的一小部分上套有电阻很小的短路环(又称罩极绕组)。另一种是

（续表）

电动机类型	电阻起动	电容起动	电容运转	电容起动和运转	罩极式
基本系列代号	BO	CO	DO		
结构特点	与主绕组并接于电源。当电动机转速达到75%～80%同步转速时，通过起动开关将副绕组切离电源，由主绕组单独工作。 为使副绕组得到较高的电阻对电抗的比值，可采取如下措施： 1. 用较细铜线，以增大电阻。	电容器串联，经起动开关与主绕组并联于电源。当电动机转速达到75%～80%同步转速时，通过起动开关，将副绕组切离电源，由主绕组单独工作。	起动电容器小得多)后，与主绕组并接于电源，且副绕组长期参于运行。	通过起动开关将起动电容器切离电源，而副绕组和工作电容器继续参与运行。 起动电容器大于工作电容器容[illegible]	隐极定子，其冲片形状和一般异步电动机相同，主绕组和罩极绕组均为分布绕组，它们的轴线在空间相差一定的电角度（一般为45°），罩极绕组匝数少，导线粗。

（续表）

电动机类型	电阻起动	电容起动	电容运转	电容起动和运转	罩极式
基本系列代号	BO	CO	DO		
结构特点	2.部分线圈反绕，以增大电阻减少电抗。 3.用电阻率较高的铝线。 4.串人一个外加电阻。				
典型应用	具有中等起动转矩和过载能力，适用于小型车床、鼓风机、医疗机械等。	具有较高起动转矩，适用于小型空气压缩机、电冰箱、磨粉机、水泵及满载起动的机械等。	起动转矩较低，但有较高的功率因数和效率，体积小，重量轻，适用于电风扇、通风机、录音机及各种空载起动的机械。	具有较高的起动性能，过载能力、功率因数和效率，适用于家用电器、泵、小型机床等。	起动转矩、功率因数和效率均较低，适用于小型风扇、电动模型及各种轻载起动的小功率电动设备。

一、同心式绕组

单层同心绕组在单相电动机中应用较多，多采用短距线圈的全距绕组（绕组形式是短距线圈，而实质是整距的）。由于分相电动机（电阻起动、电容起动）的运行性能主要取决于主绕组（工作绕组），通常主绕组占定子总槽数的 2/3，副绕组（起动绕组）占定子总槽数的1/3，两绕组的轴线在空间相隔 90°电角度。因副绕组不参与长期运行，其匝数一般为主绕组的 1/2 ~ 1/3，副绕组的导线截面积通常约为主绕组的 1/2 ~ 1/5。同心绕组的排列方法如图 2-10 所示。该绕组每槽中的导线数相等，即各同心线圈具有相等的匝数。

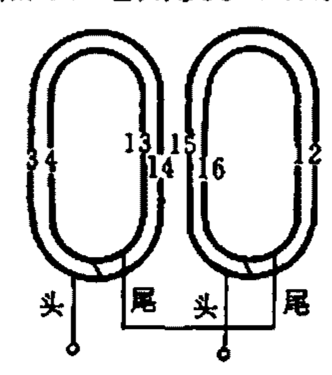


图 2-10　同心绕组示意图

同心式绕组存在着端接部分较长、耗用导线较多（因而增加机身的总长、增大漏磁）等缺点。但同心绕组的极相组排列分明清晰，接线不容易弄错，线圈绕制和嵌线都比较简单易行，因此单相异步电动机中大多采用这种绕组。分相电动机的单层同心绕组接线图如图 2-11 所示。其中 D_1、D_2 为主绕组的出线端，F_1、F_2 为副绕组的出线端。

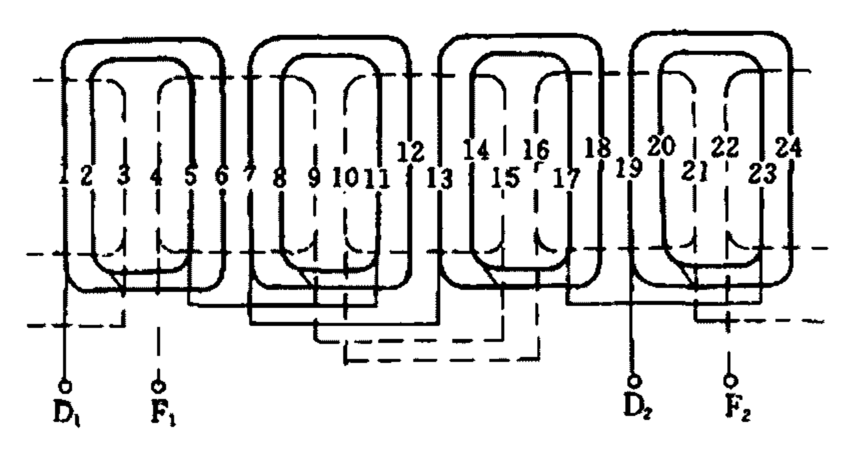


图 2-11　24 槽 4 极单层同心绕组展开图

主绕组与副绕组的接线，应使气隙磁场相间地出现 N 极和 S 极。主绕组与副绕组必须分开连接，两相绕组的端线均引到电动机的出线盒内，调换起动绕组的端头 F_1、F_2，即可改变单相电动机的旋转方向。

对于电容运转单相异步电动机，由于主、副绕组都接在电源上参与运转，两相绕组所占定子槽数相等，用铜量也基本相等。2 极16槽电容运转电动机定子绕组展开图如图 2-12 所示。

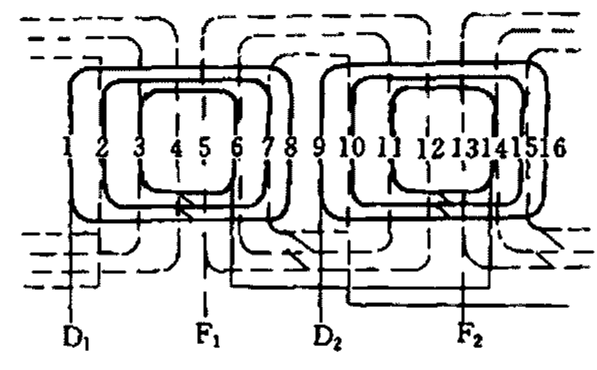


图 2-12 电容运转电动机绕组展开图

二、正弦式绕组

正弦绕组是一种高精度的特殊双层绕组，一般都采用同心式绕组结构。其特点是，组成每一相绕组的各个线圈的匝数不相等，线圈节距越大的匝数越多，线圈节距越小的匝数越少。总的要求是，使属于一相绕组的各槽内导线数按正弦规律分布。这样，当同一相电流流过该相所有匝数不等的同心式绕组时，各槽电流由于与槽内导线数成正比，故使槽电流分布也符合正弦波形，进而使相绕组建立的磁势空间分布波形很接近正弦波形。所以称这种结构的绕组为正弦绕组。

采用正弦绕组后，电动机的主绕组和副绕组所占定子槽数就不再是 2:1 的关系，而是接近相等。嵌线时，将主绕组和副绕组的导体按不同的数量分布在定子各槽，如图 2-13 所示，图中绘出了以百分数(将主绕组槽内导线匝数最多作为 100%)表示的各槽导体分布情况。同一槽内嵌有主、副绕组的两个线圈边，主绕组的线圈边放置在槽的下面；副绕组的线圈边放置在槽的上面，上、下层之间垫入层间绝缘。这一点又与双层绕组相似。4 极 24 槽单相电动机的正弦绕组展开图如图 2-14 所示。

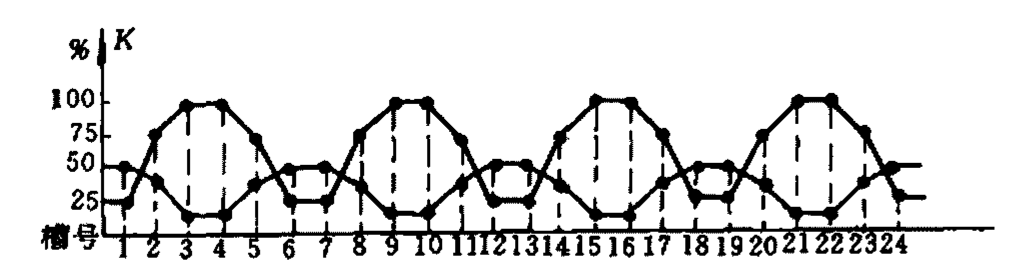


图 2-13　24 槽 4 极正弦绕组各槽导线分布图

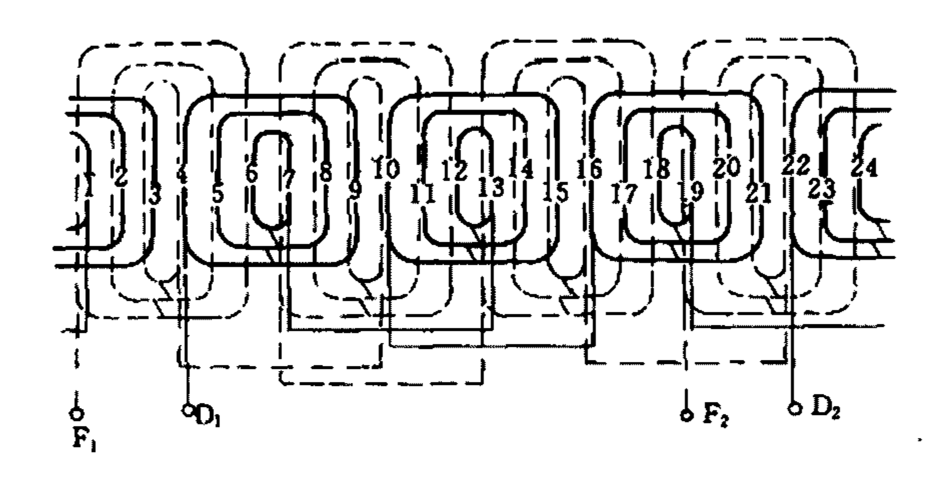


图 2-14　24 槽 4 极正弦绕组展开图

正弦绕组的主要优点是，显著地消除各次高次谐波、降低杂散损耗和电磁噪音、提高效率，改善起动性能，从而使电动机具有良好的运行特性。其缺点是各线圈的匝数不同，使线圈绕制工艺复杂化，有些槽的槽满率较低，降低了铁心的有效利用率。

三、罩极式绕组

对凸极罩极式电动机，主绕组是集中绕组，套在定子磁极上，副绕组是一个短路铜环，套在磁极极靴的一部分上。

对隐极单相罩极式电动机，其主、副绕组都是分布绕组，分别嵌放在定子铁心的槽内。为保证电动机性能良好，应使主、副绕组的轴线在空间相隔 40°～60°电角度。主绕组与副绕组分别串联成

独立的回路，且副绕组串联后自行短路，称为罩极线圈。罩极绕组的极性与主绕组相同，同样是相间的出现 N 极和 S 极。2 极 18 槽隐极罩极式电动机，主、副绕组的展开图如图 2-15 所示。其中，D_1、D_2 为主绕组出线端，虚线为罩极线圈。

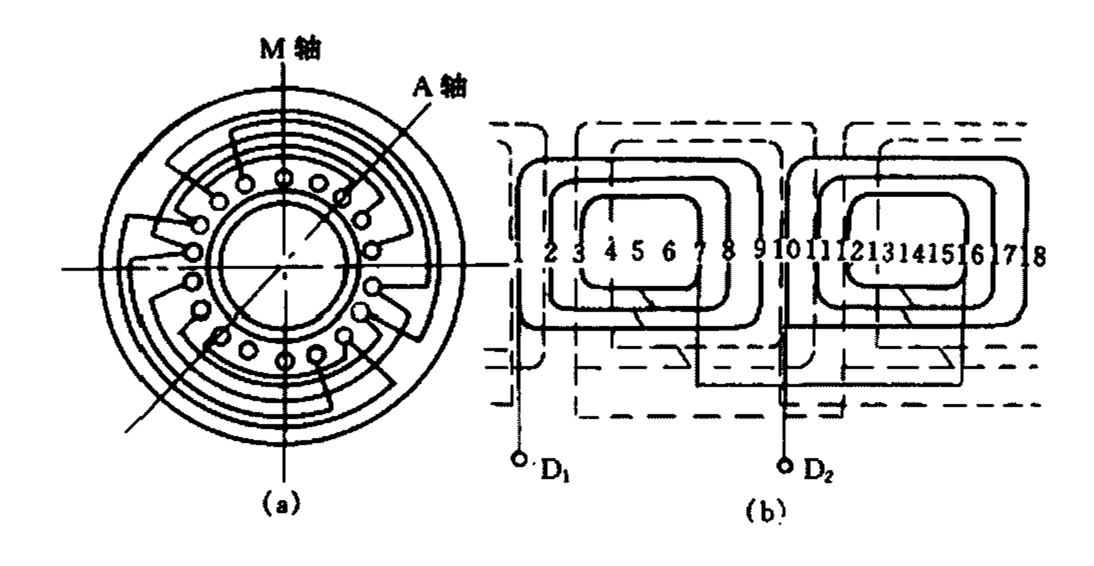


图 2-15　罩极式隐极绕组展开图

为了改善电动机的起动性能和运行特性，隐极罩极式电动机的主绕组也可按正弦规律分配在各槽中，罩极绕组导体可以集中放在两个槽内，也可以分散地放在较多的槽内。

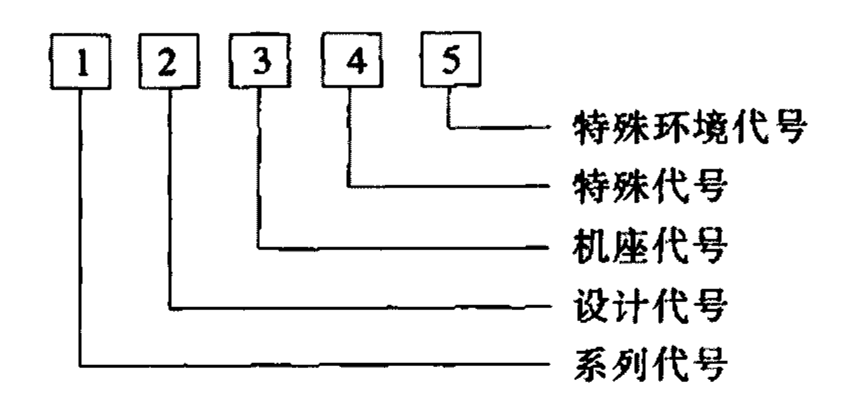
§2-4　型号与铭牌

一、型号

国家产品的型号是表示产品的种类，技术指标及外形相同的产品，它们的型号也相同。这样对使用、生产、制造等单位在业务联系上起到一定的简化作用，只要将型号正确地提出，产品种类也就确定了。有了型号也可以进行统一测试，行业评比。产品型号除了规定相同技术参数的产品以外，还可以代表某个时间的产品水平。例如，我国单相异步电动机的系列代号在 60 年代时是 JZ、

JY、JX，到 1977 年改型为 BO、CO、DO，到 1981 年又改型为 BO_2、CO_2、DO_2。每一个型号都有一个确定的一组数据。

单相异步电动机的产品型号是由系列代号、设计代号、机座号、特征代号及特殊环境代号组成的。电动机产品型号顺序排列如下：



系列代号——基本系列代号，见表 2-2。

表 2-2 单相异步电动机基本系列代号

基本系列产品名称	代 号	老 代 号
单相电阻起动异步电动机	BO_2	JZ，BO
单相电容起动异步电动机	CO_2	JY，CO
单相电容运转异步电动机	DO_2	JX，DO
单相电容起动和运转异步电动机	E	
单相罩极异步电动机	F	

设计代号——在系列代号右下方，用数字表示设计代号，右下方无系列设计代号者，表示该产品为第一次系列设计。

机座代号——表示电动机转轴的中心高，以毫米表示，标准的中心高尺寸有：45，50，56，63，71，80，90，100mm。

特征代号——表示电动机铁心长度和极数。

特殊环境代号——表示该产品适应的环境，见表 2-3。

表 2-3 单相异步电动机特殊环境代号

汉 字 代 号	汉 字 拼 音 代 号
热带用	T
湿热带用	TH
干热带用	A
高原用	G
船(海)用	H
化工用(防腐蚀)	F

二、铭牌

单相异步电动机与三相电动机一样，在机壳上均有一个铭牌，给使用者提供简要的，正确的使用数据，因此有必要正确了解铭牌上所标出的各个数据。现分述如下：

单相电容起动异步电动机	
型号：$CO_2$8022	电流：5.4A
电压：220V	转速：1400r/min
频率：50Hz	工作方式：连续
功率：750W	标准号：
编号或出厂日期×××	××电机厂

1. 型号

$CO_2$8022，表示单相电容起动式电动机，右下方的小 2 字表示 CO 系列第二次设计，80 是机座号，22 是 2 号铁心和 2 极电动机。

2. 电压

电动机的电压是指加到定子绕组端点的电压，这个电压是指正常情况的电压。根据 GB909-88 中规定，电源电压变动在 ±5%，

电动机应能够正常使用。如果电压过高,会引起电流过大,温升过高,电动机容易烧坏。电压过低,使电动机出力降低带不起负载,也容易烧坏。所以,电源电压不能过高,也不能过低。电动机的使用电压可以是标准的,也可以是非标准,但是没有特殊需要的话,一般均采用标准的电压。单相交流电动机的标准电压为12、24、36、42、220V。

3.频率

频率是指交流电在每秒钟内周期变化的次数,我国规定是50次,而国外也有用60次的。频率不同,电动机的性能将是不相同的,所以就应按规定的频率使用电动机。

4.功率

功率是指电动机转轴上输出的机械功率,也即是当电源电压、频率和转速在额定情况下电动机输出的功率。小功率异步电动机通常是指输出功率在750W以下的电动机。它的标准额定功率系列为:0.4、0.6、1.0、1、6.2、5、4、6、10、16、25、40、60、90、120、180、250、370、550及750瓦。

5.电流

在额定电压、额定频率,额定转矩和额定转速下电动机定子绕组的电流值,称为额定电流。电动机的设计和生产是保证在此电流下可以长期使用,如果超过这个电流进行使用,时间短还可以,而时间过长时则温升就高,如果电流超过太多,就会使电动机处在不正常运行状态,甚至会烧坏电机。

6.转速

在额定情况下电动机的转速称为额定转速,如1400r/min是指一分钟中电动机的旋转次数为1400次。

7.工作方式

工作方式是指电动机的工作是连续还是间断式。连续工作是指电动机在符合各项指标之下可以连续工作,不至于使电动机温升过高,导致电动机烧坏。而对于间断或短时运行是根据工作时

间和停机时间的长短来决定电动机的使用指标。间断工作的技术指标可以高于连续工作方式的技术指标，但是高多少要根据各种情况而定。

8.标准号

所有的产品均应符合于一种产品的标准，而小功率异步电动机的标准是 GB5171-85 小功率电动机通用技术条件。根据上述的标准对电动机产品进行生产、检查、验收和使用。

9.编号或出厂日期

由编号或是出厂日期可看到该产品是何时生产的，从而可判断该产品的新旧程度，如有质量问题，也便于厂方查找是哪一批的产品，便于找出质量问题的原因。

§2-5 单相异步电动机的调速

许多单相异步电动机，需要用调速的方法，使转速符合使用的要求。当有调速要求的电动机，他们的机械特性与一般异步电动机有所不同，也即要求最大滑差率比一般异步电动机要大些，以使得调速的范围尽可能大一些。这种调速在目前用得最多的是电风扇，当然在其它需要调速的场合也可以采用这种方法。当前的调速有电抗器调速和抽头调速，近年来也发展一种可控硅调速等。这些调速都是比较简单，比较容易做到。

采用这些调速方法的实质都是降低电动机定子绕组上的电压，使通过绕组的电流减小，通过调节磁场强度来改变电动机的转矩，使转速降低，从而达到调速目的。

一、电抗器调速

电容运转式电动机或罩极式电动机，都可在电动机与电源回路中串入一个电抗器进行调速。电抗器有多个抽头，通过琴键开关与不同的抽头连接，改变电抗器串入电动机电路的匝数，从而改

变电动机两端的电压,实现调速。这种方法叫电抗器调速。

电抗器有多种线路,有些电抗器带有指示灯线圈,带指示灯线圈的又有单独线圈与自耦变压器式线圈,如图 2-16 所示。

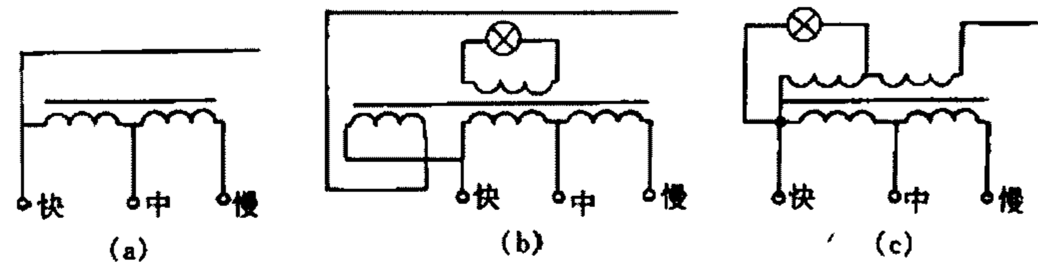


图 2-16 电抗器电气线路
(a)不带指示灯;(b)带指示灯单独线圈;
(c)带指示灯自耦变压器式线圈

电抗器与电动机必须按电动机引出线标记及电抗器引出线标记进行接线,否则电动机不能运转或不能调速。在与电动机接线前,应了解电抗器各引出线间电阻,首先了解快、中、慢引出线位置。用万用表测各档电阻,电阻最大者为快、慢档间电阻,快、中档电阻稍大,中、慢档电阻最小,指示灯与快档间电阻更小,指示灯引出线与电抗器出线间电阻稍大。电抗器出线与电动机接线应按图 2-17 所示连接。不可将指示灯引出线作为出线与电动机相接,否则电动机在中、慢档时转速较快。如将电抗器引出线作为指示灯线,则指示灯电压过高会使灯泡烧坏。

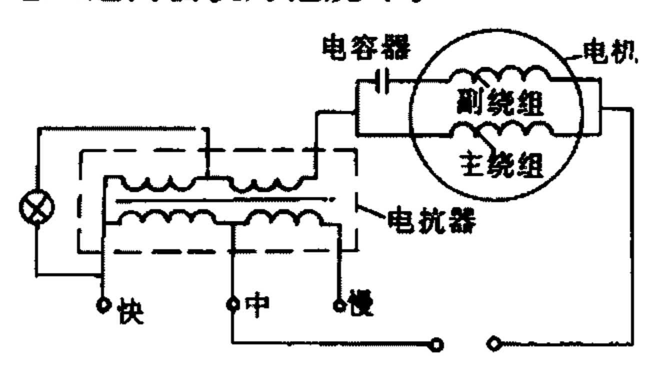


图 2-17 电抗器与电动机连接接线图

按图 2-17 将电抗器与电动机接好后,从电源插头上用万用表测量开关在快、中、慢各档位置时的电阻,在快档时电阻最小,中档次之,慢档最大,此时表示接法无误,即可通电运转。再用万用表

测指示灯灯座上的电压,如不超过6V,则表示接线正确,可将灯泡装上。

电抗器调速的优点是结构简单、调速明显、制造容易、维修方便,其缺点是需专门附加一只电抗器,而电抗器又是一个耗能元件,这样既增加成本,又浪费电能,目前除吊扇电动机采用此法外,其它调速均不采用。

二、电动机绕组抽头调速

为降低成本,省约电能,目前国内广泛采用电动机绕组抽头调速。抽头调速电动机有三套绕组——主绕组、副绕组、调速绕组(又称中间绕组),在调速绕组上抽几个头,通过开关与抽头相连接,以获得不同的主、副绕组匝数比,即改变了主、副绕组上的电压,从而改变了磁场的强弱,达到调速目的。这种方法叫电动机抽头调速。

对于调速绕组,既可嵌于主绕组槽内,也可嵌于副绕组槽内。一般嵌于副绕组槽内,因为副绕组线径较细,使槽满率不致过高。若嵌于主绕组槽内,因主绕组线径较粗,故主绕组所嵌槽必须加大。

抽头调速电动机绕组接线方法很多,常用的有下列几种:

1. L_1 型接法

L_1 型接法是将调速绕组与主绕组嵌在同一槽中,调速绕组与主绕组串联,与副绕组有90°电角度相位差,如图2-18所示。调速绕组线圈数目可与主绕组线圈的数目相等或等于主绕组线圈数目的一倍或一半。调速绕组的线径比主绕组的线径稍小。此种接法的槽满率较高。

调速绕组上可抽一个或几个头,视调速档数而定。例如两档调速不抽头,三档调速抽一个头,四档调速抽两个头,调速绕组每只线圈可采用相同或不相同匝数,每只绕组可采用相同或不同线径。L_1 型接法两速、三速电路图如图2-18所示。

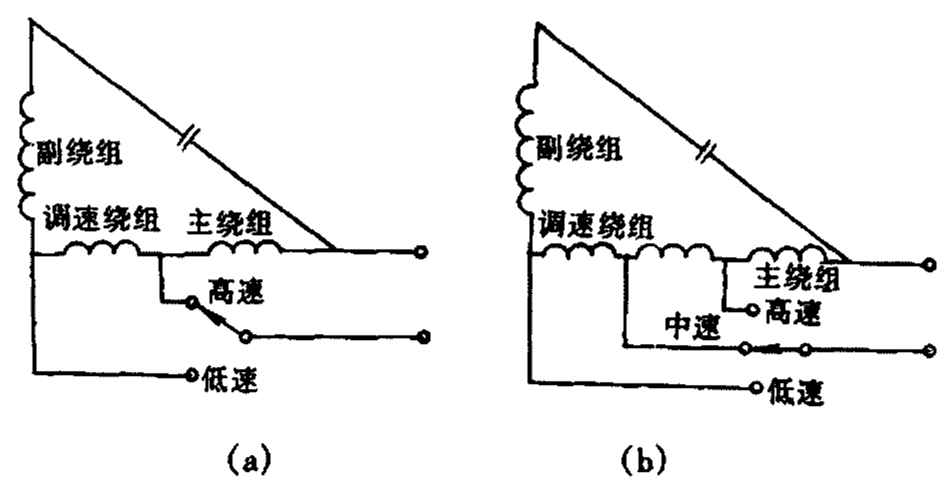


图 2-18 L_1 型接法电路图

(a)两速;(b)三速

2. L_2 型接法

L_2 型接法是将调速绕组与副绕组嵌在同一槽中,调速绕组与副绕组串联,与主绕组有 90°电气角相位差,如图 2-19 所示。调速绕组数目可与副绕组线圈数目相等,亦可等于副绕组线圈数目的一半或一倍。调速绕组抽头数目、匝数等与 L_1 型接法中所述相同。L_2 型接法两速、三速电路图如图 2-19 所示。

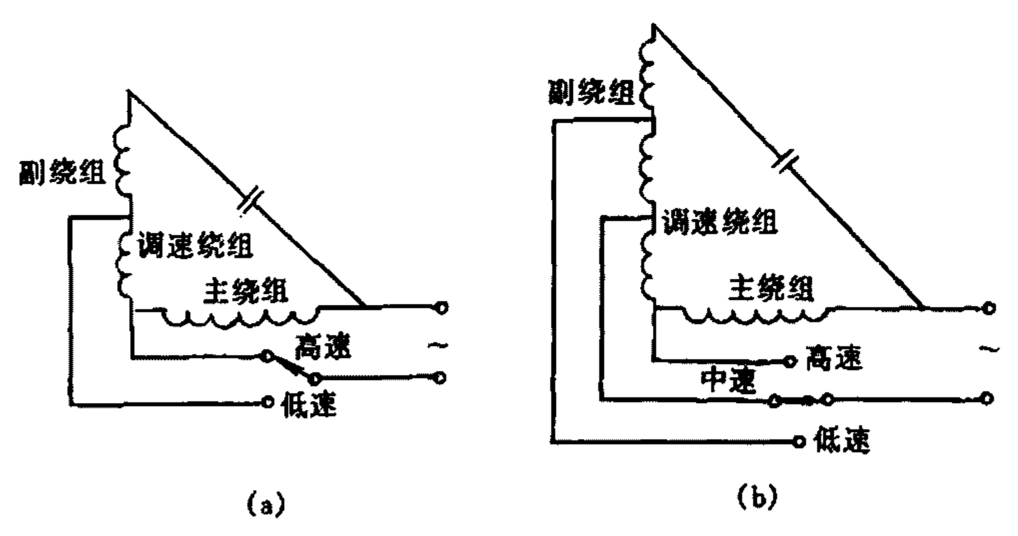


图 2-19 L_2 型接法电路图

(a)两速;(b)三速

3.T型接法

T型接法如图2-20所示，调速绕组一端接于主、副两绕组连接处，另一端与电源相接。调速绕组上抽1个头，成为三速，如不抽头，则成为两速。此种接法与用电抗器调速作用完全相同，T形接法须增加额外导线。其优点是设计方便，如果中、慢速转速不符合要求时，只须改变调速绕组匝数，而不须改变主、副绕组匝数。

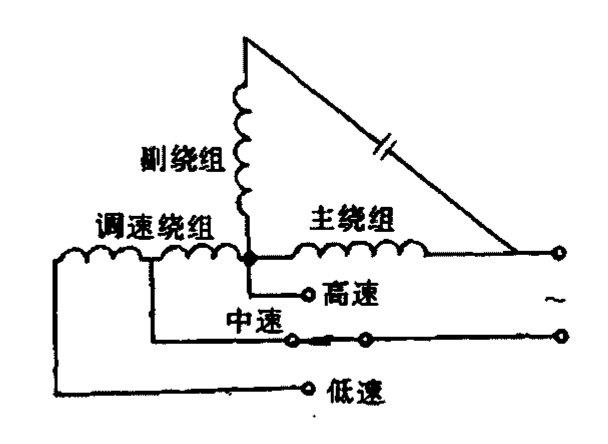


图2-20 T型接法电路图

4.h型接法

h型接法如图2-21所示。此种接线方法是在L_2型接法的基础上把主绕组分成两部分，其中一部分改接在总电路上，让它始终通过总电流，这样，电容器电压较低，但电容量需增大，在低速时起动转矩较大。

5. 串并联接法

串并联接法是在调速方法中近年出现的一种接法。这种接法的优点是调速范围宽广，低速档的起动转矩比较大，不仅可省下一个电抗器，而且在同样输出功率下电动机的输入功率较小，也即是电动机的效率较高。如果将电动机装在风扇上，就是平时所称的节能风扇。这种电动机的接线图如图2-22，从图中可以看到，它是主绕组调速的形式，类似L_1型的接法。只不过它们的主绕组和调速绕组的构成略有所不同。他的工作过程：当开关1和4闭合时，主绕组和调速绕组接成并联的状态，视为一个绕组，作为主绕组，这时就是高速档。可以看出，这时的主绕组实际上是由两路绕组并联。而当开关2闭合时，这时调速绕组的一半串入主绕组，这时就是中速档。而当开关3闭合时，调速绕组和主绕组串联，这时就是低速档。可以看到，从高速档到低速档，副绕组始终不变，外加

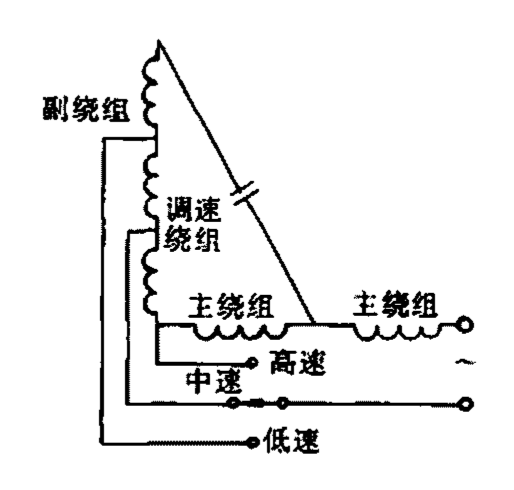


图 2-21 h 型接法电路图

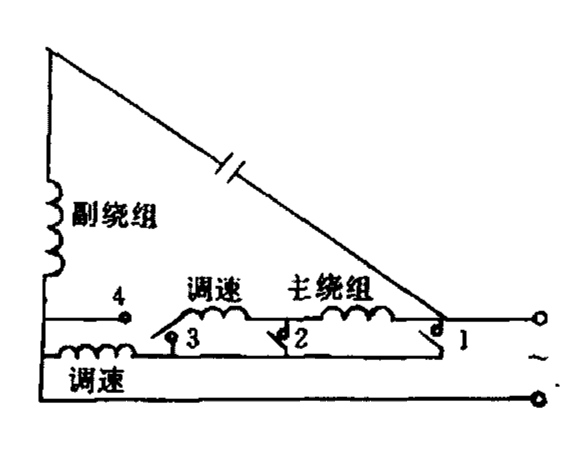


图 2-22 串并联接法电路图

电压也不变。主绕组实质视为一般没有抽头调速的绕组,改变为二条支路,这时要使二条支路绕组的匝数相同,而导线的截面积则为二根并联导线截面积等于原来一根导线截面积。由于主绕组和调速绕组的匝数相同,而导线截面又相同,在并联时二支路流过的电流可以视为基本上是一样的。而调速绕组又分成二个相等的绕组是为了绕线和下线的方便。当嵌线时,主绕组和副绕组在空间是成为 90°电角度,而主绕组和调速绕组在改接为串并联时,它的绕组轴线始终是和副相绕组成 90°电角度,从这一点来看就较其它的抽头调速为好。在 1 和 4 闭合时,电动机在高速档运转,这时输出功率较大,因此电流也就较大,但是二条支路是并联,所以在支路中的电流实际上并不大,当 3 闭合时,电动机在低速档运转,这时电动机的输出功率变小,因此电流也小,而这时二支路已接成串联形式,导线的截面积已变小。从另一方面来看,当电动机从高速档变为低速档时,从图 2-22 可以看出,是从主绕组串联入调速绕组,而主绕组和调速绕组是两个相等的绕组,所以主绕组的电压实质上是降低了一半,即是从 220V 降到 110V。可见,在低速档时的电流已变得很小。用这个方案做成的电风扇,对于 16 寸的电扇,在高速档时输入功率要小于 50W,有的甚至小于 45W;而低速档的输入功率也要小于 30W,有的甚至小于 25W。这种方法的节约电

能是很明显的。

由于抽头调速风扇有主、副、调速绕组三套绕组，其接线方法又较常规调速风扇接线方法较为复杂，故在修理时首先搞清其接线线路，绘成接线图，并与本文中所述接线方法核对，其次为搞清主、副、调速各绕组线圈匝数，如线圈未曾断开或短路，可用万用表测量在快、中、慢各种接法时电阻值，以便核对。再次测量各线圈导线直径，由于各线圈线径极为接近，测量时必须准确。修理时可先各绕一只线圈，测量其电阻，并与原来线圈电阻比较，如相差不大，则可认为无误。如接线方法、线圈匝数及线径无误，则修理可不成问题。注意，在接线时每嵌好一组线圈后，即将各线圈连接好，以免与以后嵌好的线圈混淆，造成错接。

三、电子线路调速

在单相电容运转的电动机的调速中，目前采用可控硅来调速者也日益增加，其调速的线路也有各种各样，但是他们都是以控制可控硅的导通角的大小来调速，如图 2-23 所示。图 2-23 是一个比

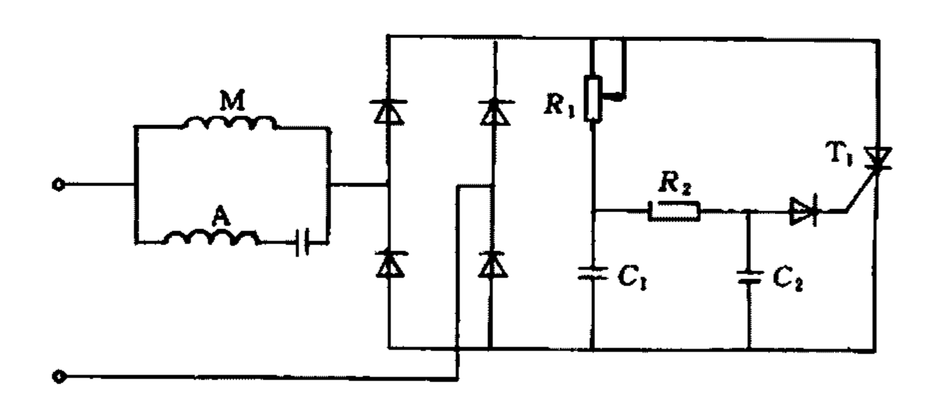


图 2-23　可控硅调速原理图

较简单而又是经济的线路。其调速是通过对 R_1 的调节而改变可控硅的导通角，当电阻 R_1 的阻值减少时，可控硅的导通角变小，线路的电流就大，电动机的转速就升高。当电阻增大时，可控硅的导通角就变小，线路的电流就变小，电动机的转速也就相应地降低。

四、变极调速

在电源恒定频率下，电动机的同步转速与极对数成反比，即

$$n_1 = \frac{60f}{p} \qquad (\text{r/min})$$

从公式可以看出，改变极对数 p，就可以改变转速，极对数扩大一倍，转速就下降一半。这种调速方法，只能一级一级地改变转速。

变极调速电动机的转子一般是笼式的，这种转子的极对数能自动地随着定子的极对数改变而改变。

改变磁极调速的方法很多，本节仅介绍反向变极法一种。

现以最简单的2/4极来说明反向法变极原理。如果把三相二极电动机U相的两组线圈 U_1U_2 和 $U'_1U'_2$ 每组都用集中线圈来表示，如图2-24(a)所示。把两组线圈反串连接，则气隙中将形成两极磁场〔图(b)〕。

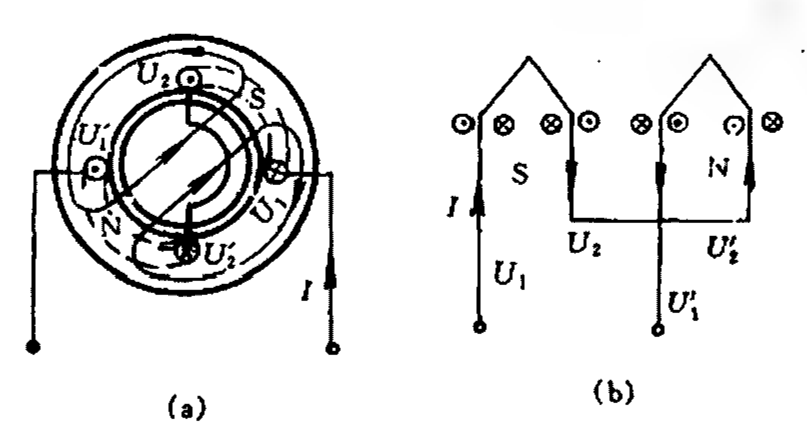


图2-24 U相2极时的原理图

若把绕组进行正串连接，使第二组线圈中 $U'_1U'_2$ 的电流反向，气隙中将形成四极磁场，如图2-25所示。由此可见，要使定子极数改变一倍，只要改变定子绕组的接法，使半相绕组中的电流反向流通，即可达到目的。这种方法称为反向变极法。此方法也适应于单相异步电动机。

例如 8槽双速鼓风机就是利用改变定子绕组接线，将二极磁场改为四极磁场，从而达到两个速度的。8槽双速鼓风机绕组

展开图如图 2-26 所示。

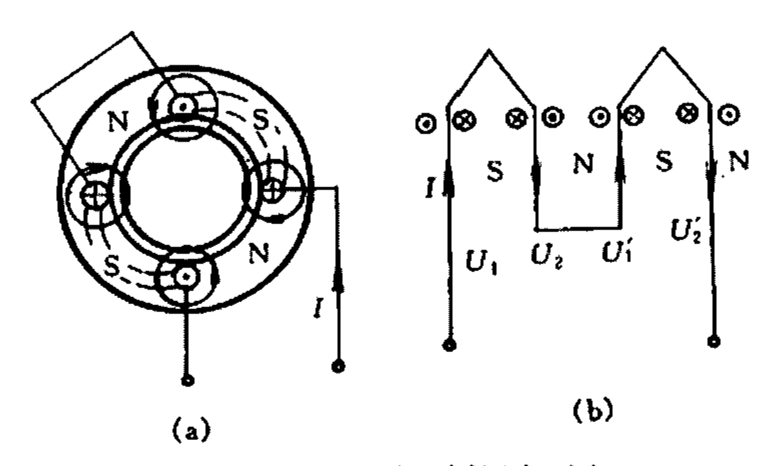


图 2-25 U 相 4 极时的原理图

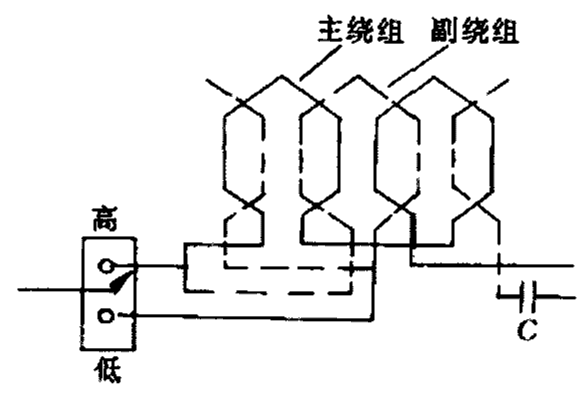


图 2-26 8 槽鼓风机绕组展开图

高速时为均匀的二极磁场，如图 2-27 所示；低速时，由于改变了引出线的位置，使旋转磁场由二极变为不均匀的四极磁场，如图 2-28 所示。鼓风机在低速下运行时，副绕组仅有一把线圈与电容器串联，承受 220V 电压，所以，一旦长期运行，副绕组这一把线圈因电流过大，很容易被烧毁。

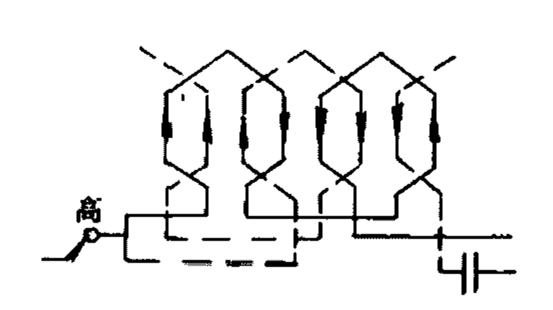


图 2-27 高速时二极磁场

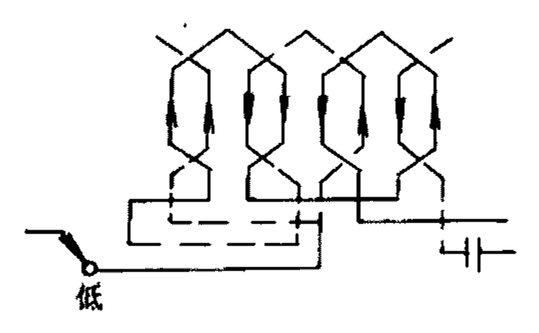


图 2-28 低速时不均匀的四极磁场

§2-6 小功率三相异步电动机改作单相运转

在仅有三相异步电动机而无三相电源的地方，我们可以通过简单的外部接线和增加裂相元件，将三相异步电动机改成单相异步电动机接入单相电源使用，而不需要改变任何结构和绕组参数，其方法有三种。

一、并入电容裂相

这是一种最简单的裂相方法，其原理接线如图2-29所示。这种接线方法不需要改变任何结构和绕组参数，即可在单相电源上运行。如三相电动机为Y形接法，可将适当容量的电容器并接在绕组的任意两个接线端上（如2、3两个接线端），然后将交流电源接在1、3（或者1、2）两个接线端上，如图（a）所示。

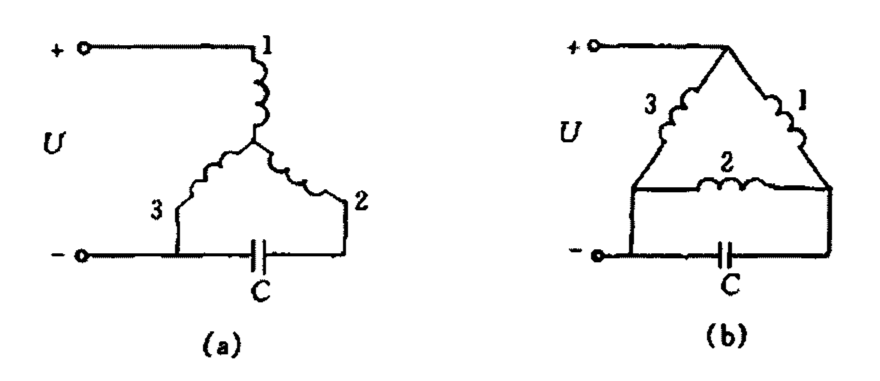


图2-29　三相异步电动机并入电容裂相

如果三相电机为△形接法，可不改变电动机接线，将电容器并联在电动机引出线的任意两个接线端上，然后将单相交流电源的一根电源线接在未接电容器的接线端上，另一根电源线可任意接在其他两线端的一个接线端上，如图（b）所示。

这种直接并入电容器裂相的方法适合容量较小的三相微驱动电动机。

在采用上述裂相方法时，电容器的容量应适当选择。如选用

的电容适当,可获得较高的输出功率。三相异步电动机在单相运行时,选用电容器的参考值见表 2-4。

表 2-4　三相异步电动机单相运行时电容器的选用

电动机额定容量/W		10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
工作电容器容量/μF	Y 形	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0
	△ 形	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.4

电动机额定容量/W		120	180	250	270	300	400	500	600	800	1000
工作电容器容量/μF	Y 形	7.2	11	15	16	18	24	30	36	48	60
	△ 形	12.4	18	25	27	31	40	50	60	80	104

二、改变单相电源

改变单相电源的方法如图 2-30 所示。它实质就是在电动机外部通过电感 L 和电容 C 的裂相作用,将单相电源裂变成三相对称电源之后,再施于三相电动机上。因此,电动机的旋转原理就与三相供电制相同,只不过是以 220V 单相电源代替了 380V 的三相对称电源罢了。

合理的选择电感 L 和电容 C 的参数,是达到三相电压和三相电流对称性的重要条件。其计算公式为

$$C_1 = \frac{0.67S \times \sin(60^\circ + \varphi) \times 10^6}{\omega U_d^2}(\mu F) \tag{2-1}$$

$$L=\frac{1}{\omega^2 C_1}=\frac{1.5U_d^2\times 10^3}{S\omega\sin(60^\circ+\varphi)}(\mathrm{mH}) \tag{2-2}$$

式中：C_1 为工作电容（μF）；U_d 为单相电源电压（V）；$\varphi=\arccos\varphi$，$\cos\varphi$ 为电动机功率因数；S 为电动机输入端的三相视在功率（VA）；ω 为角频率，$\omega=2\pi f$。

电动机的视在功率 S 和它的功率因数 $\cos\varphi$ 是随负载的变化而变化的，当负载变化时应随之改变。

电感电容裂相方法同样适用于定子绕组 Y 形接线的电动机，如图 2-31 所示。此外，电感电容裂相的方法还可用于 380V 的两相电源。

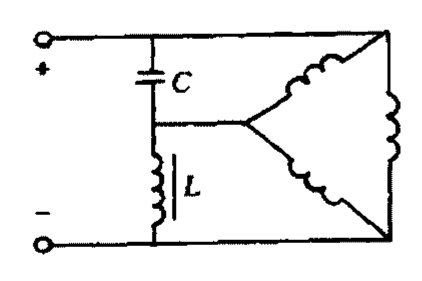


图 2-30　△接裂相电路

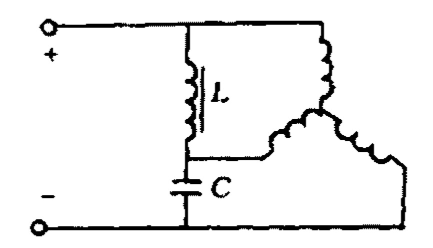


图 2-31　Y 接裂相电路

三、拉开式电容裂相

1.拉开 Y 形裂相

如电动机是 Y 接时，接线电路如图 2-32 所示。将三相电动机中任意二相绕组（如 U、W 两相）串联起来作为主绕组，另一相绕组串以适当的电容作为副绕组，将它们并联接在单相电源上。如电容 C_1 选的合适，可使两并联支路电流互差 90°电角度，获得最佳运行效果。为了提高电动机起动转矩，可在工作电容器 C_1 的两端，并联一个串有开关 S 的起动电容器 C_2。当电动机起动至接近额定转速时，应立即打开开关，将 C_2 切除，仅留下 C_1 参加运行。如图 2-32 所示。

2.拉开△形裂相

如电动机是△接时，接线电路如图2-33所示。该方法与拉开Y形方法的基本原理相同。但由于绕组 W_1W_2、V_1V_2 与绕组 U_1U_2 构成的自耦变压器有升压作用，使得电容器 C_1 和 C_2 所承受的电压约为单相电源电压的3倍，因此应选用的电容器工作电压要高。

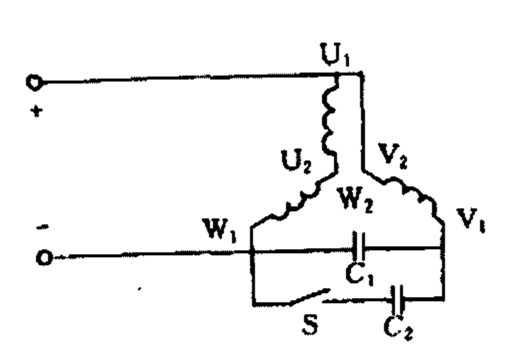


图2-32　拉开Y形裂相

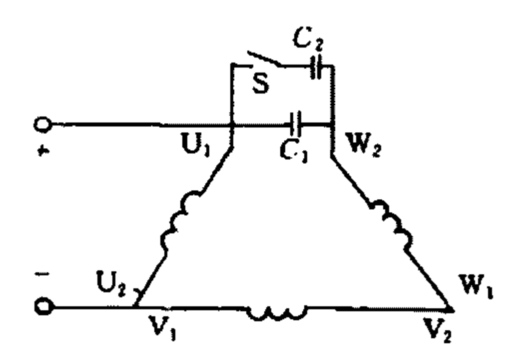


图2-33　拉开△形裂相

3. 电容器的选择

工作电容器的容量可用下式计算：

$$C_1 = \frac{1950 I_N}{U_N \cos\varphi} \quad (\mu F) \tag{2-3}$$

式中：I_N 为电动机的额定电流(A)；U_N 为电动机的额定电压(V)；$\cos\varphi$ 为功率因数。

起动电容器 C_2 可根据电动机起动时的负载大小加以选择。通常 $C_2 = (1 \sim 4) C_1 (\mu F)$。

工作电容器额定电压的选择可按下式计算：

$$U_{VW} = \sqrt{U_{UV}^2 + U_{UW}^2}$$

$$= \sqrt{220^2 + 380^2} = 440 \quad V \tag{2-4}$$

由此可见，电容器额定电压应选择不小于600V(考虑到电压的峰值)。

4. 形式的选择

电动机铭牌所标电压为380/220V、Y/△接法，此时可将电动

机绕组接成拉开Y形的方法，接在电源电压380V的两相电源上。

对于三相异步电动机，定子绕组为△形连接的电动机，可采用拉开△的方法，它同时适于单相电源电压为220V或380V的场所。

四、使用场合及注意事项

三相电动机作为单相电动机使用之后，轴上输出的机械功率将会有所下降，而无功功率增加，也即是三相电动机作为单相电动机使用，会使功率因数下降，三相电流不平衡。因此，三相电动机接于单相电源的作法，仅对于功率在1000W以下的场合。

为了使电动机的工作状态处于最佳值，当电动机的负载变化时，工作电容器的容量也随之改变其值。若负载减轻，则要减少电容量，若负载加重，则电容器容量也要增加。例如，600W三相电动机为△形接法时，电容器容量随负载的变化范围在10～60μF之间变化，所以对于不同的负载要调整一下电容器的容量。

三相电动机改为单相电动机使用时，虽然是方便易行，但是效率低，功率因数低，即使电容器的容量选择得好，也即匹配得好，电动机的容量也是要比三相电动机使用时小，一般只有三相异步电动机运行时的70%～80%左右。虽然存在这些缺点，但是作为应急的使用方法，也是值得介绍的。

§2-7　裂相电容器的检修

电容器作为单相电容起动电动机、单相电容起动与运转电动机和单相电容运转电动机不可缺少的一个重要元件，电容器的质量直接影响到电动机的工作可靠性。而单相异步电动机中，用电容器作为裂相元件的电动机的数量很多，所以有必要对这个电容器作一些介绍。

1. 电容器的分类

单相异步电动机用的电容器，按它的种类和结构有以下的特

点。

(1)纸介质电容器：它是采用两条或两条以上的金属箔片，中间各隔了一层或数层蜡纸作为介质。把金属箔卷成很小的体积，装入一个金属容器内。从金属箔上引出两个接线端供接线用。

(2)油浸电容器：电容器的绝缘纸是用油浸过的，卷成很小体积，然后放入装有绝缘油的外壳内，这样可以增加电容器的绝缘强度，也有助于散热。

(3)电解电容器：在电容器的两个极板中间，放入一层或数层经电解液浸透的纱布。卷成一定的形状后，放入一个铝制的外壳里面。将两个极板的接线引出来，并标上"+"、"-"极性。

前面两种电容由于不是用电解质作介质，所以没有(正、负)极性之分，这种电容器适合于长期工作在交流电的电路之中。而对于电解质的电容器由于有电解质作为介质，所以电容器有正、负极性之分，如果将电容器加上反向的电压，则电容器很容易击穿而损坏。所以将这种有极性的电解电容器用到交流电的电路中，如果通电的时间太长就会击穿。若使用时间较短，如果是几秒钟以内，而重复的次数又不是太频繁的话，则还可以使用。因为采用了这种电容器在同样的容量下价格相差很多，电解电容器价格便宜。

2. 电容器的容量

电容器的容量单位是"法拉"，简称"法"，用符号 F 表示。但是这个单位太大，日常上经常使用的是"微法"，它们的关系是：1 法 $=1\times10^6\mu F(1F=1\times10^6\mu F)$。单相电容电动机的电容器容量一般均不大于 $150\mu F$。

3. 电容器的故障

电容器经过长期的使用或是存放，均会使电容器的质量受到一定的影响，具体表现有以下三种情况。

(1)电容器经过长期使用，引线头断掉，或者是由于保管不当而受潮腐蚀，使引线霉烂，电容器的引出线接触不良或者断线。

(2)自然失效。电解介质经过长期的使用或保存均会使电容

器容量产生变化，如容量下降。

(3)过电压而击穿。如果电动机长期工作在过高的电压下，使电容器的绝缘介质击穿而发生短路或断路。

如果出现上述情况，将影响到单相电容电动机的正常工作，严重的有可能不能工作或者甚至将会烧坏电动机。因此根据故障分析，如果发现电容移相电动机出力不够时，则可检查电容器的容量是否符合要求。当电动机起动不起来，或有嗡嗡声音也无法起动时，则可以检查电容器是否是开路或短路。

4. 电容器的检查方法

电容器的检查方法有以下几种：

(1)检查电容器的容量：当需要检查电容器容量时，可将电容接入一个 50Hz 的交流电路之中，测量出通过电容器的电流和电容器两端的电压，这时可用下列式子计算出电容器的容量：

$$C = 3180\frac{I}{U} \quad (\mathrm{uF}) \tag{2-5}$$

式中 I—电流表的电流读数(A)；

U—电容器端电压(V)。

计算出的电容器容量应接近于电容器的标称值，不能小于10%。在测量电解介质电容器时，应该是时间短，应在 1～2s 钟内测量完。

(2)检查电容器开路和短路：用检查电容器容量的方法也可以检查电容的开路和短路，因为在开路时则电流表的读数为零，而短路时则电压表为零，但是这时还需在电路中串入一个保险丝，以保护电路中的仪表。上述是用伏安法测量电容器的开路和短路。用万用表同样也可测量 。

(3)用万用表测量电容器：将万用表拨到 10kΩ 或 1kΩ 档，为了安全起见，先将电容器的残余电量放光，再测量电容器的故障：

①万用表指针先大幅度向电阻零方向摆动，然后慢慢回到某一数值(约几百千欧)，则说明电容器质量是好的。

②万用表指针无摆动，说明电容器已开路。

③万用表指针摆到某刻度的位置后，停下来不返回，说明电容器漏电较大。

④万用表指针大幅度摆到电阻为零的位置，指针不返回，说明电容器是短路。

⑤万用表的指针摆动较正常电容器小，说明电容器的容量也下降，达不到标准容量的数值。

第三章　空壳电动机的重绕计算

本章介绍了三相、单相异步电动机的空壳重绕计算，有类比计算法和综合计算法，并举有实例。还介绍了改变导线规范的计算。

修理电动机绕组时，均须要详尽地作好原始数据的记录，以便按原绕组规格修复，可保持电动机原来的设计要求和性能。但由于有的电动机使用日久，铭牌失落，或修理时不慎丢失原始数据，或经多次修理运行性能变劣，而原始数据很难作为依据等原因，就需要重新设计绕组数据。

由于异步电动机的型号很多，它们的技术参数、设计余量、原材料和加工工艺都有所不同。所以要想准确计算出它的各种参数是相当繁琐的。本章主要介绍几种常用的计算方法。

§3-1　三相异步电动机空壳重绕计算

一、空壳重绕计算

1. 类比计算方法

从实践经验可知，空壳电动机绕组的每槽匝数，与电动机铁心的主要尺寸(定子铁心内径、长度等)有关，导线的规格与电动机功率大小有关，而功率的大小又与铁心的主要尺寸有关。所以，类型相同，极数相同、铁心主要尺寸相近的电动机，它们的电磁负载和各种参数基本接近。基于这一道理，可以查阅本书附录或其它资料列举的电动机性能、铁心和绕组数据表，再和空壳电动机的参数进行比较，即可估算出绕组的数据。

类比计算方法如下：

(1)测量铁心各部的尺寸

其项目有，定子铁心内径 D_{i1}；定子铁心外径 D_1；定子铁心长 L；定子铁心轭高 h_a；定子铁心齿宽 b_z；定子铁心槽数 Z_1；转子铁心槽数 Z_2；转子铁心外径 D_2；气隙长度 δ。

气隙长度可直接测量，也可以由定子的铁心内径 D_{i1}和转子铁心外径 D_2 求得

$$\delta = \frac{D_{i1} - D_2}{2} \tag{3-1}$$

(2)计算极数

$$2p = (0.35 \sim 0.40)\frac{Z_1 b_z}{h_a} \tag{3-2}$$

例如，有一台电动机定子槽数 $Z_1 = 36$，定子铁心轭部高度 $h_a = 14\text{mm}$，定子齿宽 $b_z = 4\text{mm}$，则由 3-2 式可知

$$\begin{aligned} 2p &= (0.35 \sim 0.40)\frac{Z_1 b_z}{h_a} \\ &= (0.35 \sim 0.40)\frac{36 \times 4}{14} \\ &= 3.6 \sim 4 \end{aligned}$$

取 $2p = 4$，可知电动机为 4 极电动机。

取相近的偶数(双数)为极数，并参考电动机的定子槽数，一般槽数少则磁极数少。

(3)计算每槽导线数

根据空壳电动机的型式、极数和前面所测量的铁心各种参数，在本书或其他资料中找到类型、极数和空壳电动机相同，铁心尺寸与空壳电动机接近的一种电动机绕组数据，列出下列比例关系：

$$\frac{N_s'}{N_s} = \frac{D_{i1} L Z_1}{D_{i1}' L' Z_1'}$$

即可求出每槽导线数：

$$N_s = N_s' \frac{D_{i1}' L' Z_1'}{D_{i1} L Z_1} \quad (根/槽) \tag{3-3}$$

式中：N_s、D_{i1}、L、Z_1 分别为空壳电动机的每槽导线数(根/槽)、定子铁心内径(cm)、铁心长度(cm)、定子槽数；N_s'、D_{i1}'、L'、Z_1'分别为资料中电动机的每槽导线数、铁心内径、长度、定子槽数。

(4)计算导线直径

$$d = d'\sqrt{\frac{D_{i1}N_s'Z_1'}{D_{i1}'N_sZ_1}} \quad (\text{mm}) \tag{3-4}$$

式中：d'为资料中电机绕组线径(mm)。

然后按附表4-1取标准线径。

(5)计算输出功率 P_N

$$P_N = P_N'\frac{d^2}{(d')^2} \quad (\text{kW}) \tag{3-5}$$

式中：P_N'为资料中的电机输出功率(kW)。

运用上述方法时，必须注意空壳电动机定、转子间的气隙长度不能超过规定范围。

2.综合计算方法

除类比计算方法外，还可采用综合计算法，具体步骤如下：

(1)极数的计算

电动机的磁极数 $2p$ 可按式(3-2)计算即

$$2p = (0.35 \sim 0.40)\frac{Z_1b_z}{h_a}$$

在计算电动机的磁极数时还应同时注意定子槽数 Z_1 与转子槽数 Z_2，应有下列关系：

$$\left.\begin{aligned} Z_1 - Z_2 &\neq 0 \\ Z_1 - Z_2 &\neq 1 \\ Z_1 - Z_2 &\neq \pm 2p \\ Z_1 - Z_2 &\neq \pm 1 \pm 2p \end{aligned}\right\} \tag{3-6}$$

否则，将使电动机起动困难，产生噪音和强烈振动或者根本不能起动。异步电动机定子、转子之间槽数的配合范围见表3-1。

表 3-1　鼠笼式电动机推荐使用的定子转子槽数

极数	定子槽数	转子槽数(直槽)	转子槽数(斜槽)
2	18		16,24
	24	32	20,31,33,34,35
	30	22,38	20,21,23,37,39,40
	36	28,44,46	25,27,29,43,45,47
	42	32,34,50,52	
	48	38,40,56,58	37,39,41,55,57,59
4	24		16,22,30,33,34,35,36
	36	26,44,46	27,28,30,45,48
	42	52,54	34,53
	48	34,38,56,58,62,64	40,57,59
	60	50,52,68,70,74	48,49,51,56,64,69,71
	72	62,64,80,82,86	61,63,68,76,81,83
6	36	26,42	33,47,49,50
	54	44,64,66,68	42,43,65,57
	72	56,58,62,82,84,86,88	57,59,60,61,83,85,87
8	48	34,62	35,44,46,61,53,65
	54		58,62
	72	58,86,88,90	56,57,59,85,87,89

(2)功率的计算

电动机功率可用以下两种方法估算。

①第一种方法

$$
\left.
\begin{aligned}
&2\text{ 极电动机功率(kW)}\\
&\qquad P=\frac{D_{i1}{}^{3}L0.28}{1000}\\
&4\text{ 极电动机功率(kW)}\\
&\qquad P=\frac{D_{i1}{}^{3}L0.14}{1000}\\
&6\text{ 极电动机功率(kW)}\\
&\qquad P=\frac{D_{i1}{}^{3}L0.08}{1000}\\
&8\text{ 极电动机功率(kW)}\\
&\qquad P=\frac{D_{i1}{}^{3}L0.054}{1000}
\end{aligned}
\right\}
\tag{3-7}
$$

对于封闭式电动机需要乘以系数 0.6,才是该电动机实际功率(定子内径、铁心长度单位为 cm)。

第二种方法

$$
\left.
\begin{aligned}
&\text{2 极电动机功率(kW)}\\
&P=2.5(107+11.5D_{i1})D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\text{(防护式)}\\
&P=1.6(107+11.5D_{i1})D_{i1}^{2}L\times10^{-3}\text{(封闭式)}\\
&\text{4 极电动机功率(kW)}\\
&P=1.4(107+10D_{i1})D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\quad\text{(防护式)}\\
&P=1.06(107+7D_{i1})D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\quad\text{(封闭式)}\\
&\text{6 极电动机功率(kW)}\\
&P=(107+7D_{i1})D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\quad\text{(防护式)}\\
&P=0.75(107+7D_{i1})D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\quad\text{(封闭式)}\\
&\text{8 极电动机功率(kW)}\\
&P=70D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\quad\text{(防护式)}\\
&P=62D_{i1}^{2}L\times10^{-5}\quad\text{(封闭式)}
\end{aligned}
\right\}
\qquad (3\text{-}8)
$$

(3)定子绕组的计算

①绕组线电流

$$I=\frac{P_N\times10^{3}}{\sqrt{3}U\cos\varphi\,\eta}\quad(\mathrm{A})\qquad(3\text{-}9)$$

式中:I 为绕组线电流(A);P_N 为额定功率(kW);U 为线电压(V);$\cos\varphi$ 为功率因数;η 为效率。

Y 接:线电流等于相电流即 $I=I_{\varphi}$

△接:线电流等于$\sqrt{3}$倍的相电流即 $I=\sqrt{3}I_{\varphi}$

②绕组导线截面积

$$S=\frac{I_{\varphi}}{j}(\mathrm{mm}^2)\qquad(3\text{-}10)$$

式中:S 为导线截面积(mm^2);I_{φ} 为绕组相电流(A);j 为电流密度,一般铜导线取 4.5~6.5;铝导线取 2.5~4.5($\mathrm{A/mm}^2$)。

③导线直径

$$d=\sqrt{\frac{4S}{\pi}}=1.13\sqrt{S}(\mathrm{mm}) \tag{3-11}$$

④每槽导线匝数

Y 形接线时

$$N_s=\frac{2.61Upa\times10^4}{\sqrt{3}D_{i1}LZ_1B_\delta k_{dp}} \tag{3-12}$$

式中：a 为并联支路数；p 为磁极对数；B_δ 为气隙磁通密度(T)；D_{i1} 为定子铁心内径(mm)；L 为定子铁心长度(mm)；k_{dp}为绕组系数($k_{dp}=k_d\cdot k_p$)。

绕组系数见表 3-2 和表 3-3。

表 3-2　三相双层绕组系数 k_{dp}

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}	每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}
$1\frac{1}{5}$	1～4	0.835	0.97	0.924	$2\frac{4}{5}$	1～9	0.952	0.997	0.953
$1\frac{1}{4}$	1～4	0.8	0.95	0.910		1～8	0.833	0.966	0.922
$1\frac{2}{5}$	1～5	0.95	0.985	0.953		1～7	0.715	0.902	0.862
$1\frac{1}{2}$	1～5	0.89	0.985	0.94	$2\frac{7}{8}$	1～9	0.927	0.994	0.948
$1\frac{4}{5}$	1～6	0.926	0.994	0.948		1～8	0.81	0.956	0.913
$1\frac{7}{8}$	1～6	0.89	0.985	0.94	3	1～10	1	1	0.96
2	1～6	0.833	0.966	0.934		1～9	0.89	0.985	0.945
$2\frac{1}{10}$	1～7	0.952	0.998	0.953		1～8	0.778	0.94	0.902
	1～6	0.794	0.955	0.912		1～7	0.667	0.866	0.831

续表

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{\gamma}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}
$2\frac{1}{8}$	1~7	0.94	0.992	0.95
	1~6	0.784	0.943	0.90
$2\frac{1}{7}$	1~7	0.933	0.995	0.95
	1~6	0.778	0.94	0.90
$2\frac{1}{5}$	1~7	0.91	0.99	0.945
	1~6	0.76	0.925	0.887
$2\frac{1}{2}$	1~8	0.933	0.995	0.95
	1~7	0.8	0.951	0.907
	1~6	0.667	0.866	0.827
$2\frac{4}{7}$	1~8	0.907	0.989	0.944
	1~7	0.778	0.94	0.90
$3\frac{3}{5}$	1~11	0.925	0.99	0.945
	1~10	0.835	0.97	0.923
	1~9	0.743	0.917	0.877
$3\frac{3}{4}$	1~11	0.89	0.985	0.97
	1~10	0.8	0.951	0.907
$3\frac{4}{5}$	1~11	0.88	0.98	0.937
	1~10	0.79	0.945	0.903
$3\frac{6}{7}$	1~11	0.865	0.978	0.934
	1~10	0.778	0.94	0.902
	1~12	0.916	0.991	0.95
$3\frac{1}{5}$	1~10	0.938	0.995	0.95
	1~9	0.833	0.966	0.922
	1~10	0.923	0.993	0.948
	1~9	0.82	0.959	0.916
	1~8	0.718	0.903	0.862
$3\frac{3}{7}$	1~10	0.875	0.981	0.937
	1~9	0.778	0.94	0.902
$3\frac{1}{2}$	1~11	0.952	0.997	0.953
	1~10	0.857	0.974	0.93
	1~9	0.762	0.93	0.884
	1~8	0.667	0.866	0.831
$4\frac{1}{4}$	1~12	0.854	0.98	0.933
	1~11	0.785	0.944	0.901
$4\frac{1}{2}$	1~13	0.89	0.985	0.94
	1~12	0.815	0.959	0.916
	1~11	0.74	0.917	0.877
$4\frac{3}{4}$	1~13	0.84	0.97	0.926
	1~12	0.733	0.935	0.894
$4\frac{4}{5}$	1~14	0.902	0.988	0.943
	1~13	0.833	0.966	0.922
$4\frac{7}{8}$	1~14	0.89	0.985	0.94

续表

每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}	每极每相槽数 q	槽节距	节距比 $\beta=\frac{y}{\tau}$	短距系数 k_p	绕组系数 k_{dp}
4	1～11	0.833	0.966	0.926		1～13	0.82	0.959	0.916
	1～10	0.75	0.924	0.885	5	1～14	0.866	0.978	0.435
	1～9	0.667	0.866	0.831		1～13	0.8	0.951	0.91
$4\frac{1}{8}$	1～10	0.89	0.985	0.94		1～12	0.733	0.914	0.875
	1～11	0.808	0.955	0.911	$5\frac{1}{2}$	1～14	0.79	0.944	0.902
$4\frac{1}{5}$	1～12	0.872	0.98	0.935		1～15	0.848	0.972	0.928
	1～11	0.792	0.948	0.905	6	1～16	0.833	0.966	0.925
						1～15	0.778	0.94	0.9

表 3-3　三相单层绕组的绕组系数 k_{dp}

q \ y	同心式绕组	链形绕组，其节距为							
		3	5	7	9	11	13	15	17
$1\frac{1}{2}$	0.960	0.831	(0.945)	-	-	-	-	-	-
2	0.966	0.757	(0.966)	0.966	0.707	-	-	-	-
$2\frac{1}{2}$	0.957	-	0.892	0.951	0.910	0.711	-	-	-
3	0.960	-	0.735	0.902	0.960	0.902	0.735	-	-

续表

y / q	同心式绕组	链形绕组,其节距为							
		3	5	7	9	11	13	15	17
$3\frac{1}{2}$	0.956	-	-	0.828	0.932	(0.953)	0.890	0.747	-
4	0.958	-	-	0.766	0.892	(0.958)	0.958	0.892	0.766
$4\frac{1}{2}$	0.955	-	-	0.695	0.827	(0.915)	(0.954)	0.941	0.877
5	0.957	-	-	-	0.774	0.874	(0.936)	(0.957)	0.936
6	0.956	-	-	-	0.679	0.786	(0.870)	(0.927)	(0.956)

注:对所推荐的节距数值,取用括弧内的绕组系数。

(3-12)式计算出来的匝数是Y形接法每槽导线匝数,若采用△形接法,须将计算出来的导线匝数乘以系数1.73。

气隙磁通密度取值高低与定子铁心直径以及磁极数有关,一般定子铁心直径越大,磁极数越多,所取的气隙磁通密度值则越高。其取值范围可参考表3-4和表3-5。

表3-4　异步电动机定子电磁部分计算参数

数值名称		符号	单位	定子铁心外径/mm		
				150~250	250~350	350~450
气隙磁通密度		B_δ	T	0.6~0.7	0.65~0.75	0.7~0.8
定子轭铁磁通密度		B_a	T	1.1~1.5	1.2~1.5	1.3~1.5
定子齿磁通密度		B_z	T	1.3~1.6	1.4~1.7	1.5~1.8
电流密度	防护式	j	A/mm^2	5~6	5~5.6	5~5.6
	封闭式	j	A/mm^2	4.5~5.5	4.2~5.2	3.7~4.2

表 3-5　异步电动机气隙磁通密度 B_δ 参考值　单位(T)

类型 \ 极数	2	4	6	8
开启式	0.63～0.75	0.70～0.80	0.70～0.80	0.70～0.80
封闭式	0.50～0.65	0.60～0.75	0.60～0.75	0.64～0.74

⑤绕组中每个线圈的匝数

采用单层绕组时，$W_n = N_s$；

采用双层绕组时，$W_n = 0.5N_s$。

⑥每极每相槽数

$$q = \frac{Z_1}{2pm} \tag{3-13}$$

⑦绕组极相组数

$$k_c = \frac{Z_1}{q} \tag{3-14}$$

⑧每相极相组数

$$k_\varphi = \frac{k_c}{m} \tag{3-15}$$

⑨线圈极距

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} \quad （槽） \tag{3-16}$$

(4)绕组电磁部分的校验

电动机的额定功率、电压、频率、转速确定之后，根据已测电动机铁心的各部尺寸，就可以对新绕组电磁部分的定子轭铁磁通密度 B_a 和定子齿磁通密度 B_z 进行校验，其顺序如下：

①气隙极距面积

$$S_\delta = 0.01\frac{\pi D_{i1} lk}{2p} \quad (\mathrm{cm}^2) \tag{3-17}$$

式中：k 为铁心压装系数。

k 值要按硅钢片的绝缘情况来选取：对于涂漆绝缘，可取

0.92;对于氧化膜绝缘,可取 0.95。旧电动机的硅钢片绝缘情况不易分清,k 值可按叠压的松紧来选取;没有松动的铁心可取0.93;如已松动,必须重新压紧,相应的 k 值要取比较低的值。

②每极磁通量

$$\Phi = a_{\delta} S_{\delta} B_{\delta} \quad (\mathrm{T \cdot cm^2}) \tag{3-18}$$

式中:a_{δ} 为极弧系数,与电动机的极数、磁饱和程度有关,其值可按表 3-6 选择,一般取表中的中间值;B_{δ} 为气隙磁通密度(可按表 3-5 选取);Φ 的标准单位为 Wb,1Wb = T·m²,为方便以后的计算,这里未采用标准单位。

表 3-6 极弧系数 a_{δ}

极数	2	4	6	8
a_{δ}	0.636~0.67	0.67~0.70	0.69~0.72	0.70~0.73

③定子轭铁的双倍高度

$$2h_a = D_1 - (D_{i1} + 2h_z) \quad (\mathrm{mm}) \tag{3-19}$$

式中:h_z 为铁心槽高度(mm);D_1 为定子铁心外径(mm)。

④定子轭铁的双倍截面积

$$2S_a = 0.01 \times 0.9 \times 2h_a L \quad (\mathrm{cm^2}) \tag{3-20}$$

⑤校验定子轭铁磁通密度

$$B_a = \frac{\Phi}{2S_a} \quad (\mathrm{T}) \tag{3-21}$$

以初算的每极磁通量 Φ 的值代入上式,计算出 B_a 的值必须符合表 3-4 的范围,否则必须重取 B_{δ} 再算,直至使 B_a 的值符合要求为止。

如果 B_a 的值与表 3-4 的范围相差很大,则可能是极数取的不正确,如其值超过最大值,应增加极数再算,反之则减少极数。

⑥定子齿的宽度

$$b_z = \frac{\pi(D_{i1} + 2h_s + 2R_1)}{Z_1} - 2R_1 \quad (\mathrm{mm}) \tag{3-22}$$

式中：h_s 为槽口高度(mm)；R_1 为定子槽小圆半径(mm)。

⑦每极齿截面积

$$S_z = 0.01\frac{Z_1}{2p}b_z 0.9L \quad (\mathrm{cm^2}) \tag{3-23}$$

⑧校验定子齿磁通密度

$$B_z = \frac{\Phi}{a_\delta S_z} = \frac{1.57\Phi}{S_z} \quad (\mathrm{T}) \tag{3-24}$$

将 Φ 的值代入上式，计算出的 B_z 值应符合表 3-4 的范围，否则应重新取 B_δ 的值。如果是改极的电动机，B_z 可稍高于表 3-4 中的范围，但不宜超出 1.7T。早年生产的电动机其 B_z 的值较低，在 1.3～1.5T 左右。

(5)定子槽截面积的计算

定子槽的型式较多如图 3-1 所示。

图(a)的槽形截面积计算公式

$$S_s = \frac{b_{s1}+2R_1}{2}(h_s' - h) + \frac{\pi}{2}R_2^2 \tag{3-25}$$

图(b)的槽形截面积计算公式

$$S_s = \frac{\pi}{2}R_2^2 + \frac{(b_{s1}+b_{s2})}{2}(h_s' - h) + R_2 b_{s2}' \tag{3-26}$$

图(c)的槽形截面积计算公式

$$S_s = \frac{(b_{s1}+b_{s2})}{2}(h_s' - h) \tag{3-27}$$

图(d)的槽形截面积计算公式与(3-26)式相同。

(6)定子槽内导线总截面积

$$S_b = SN_s \quad (\mathrm{mm^2}) \tag{3-28}$$

式中：S 为每根导线的截面积($\mathrm{mm^2}$)。

(7)定子槽内带绝缘导线总截面积

$$S_c = \frac{\pi d_c^{\,2}}{4}N_s \quad (\mathrm{mm^2}) \tag{3-29}$$

式中：d_c 为带绝缘导线直径(mm)。各种圆电磁线绝缘厚度见表 3-7。

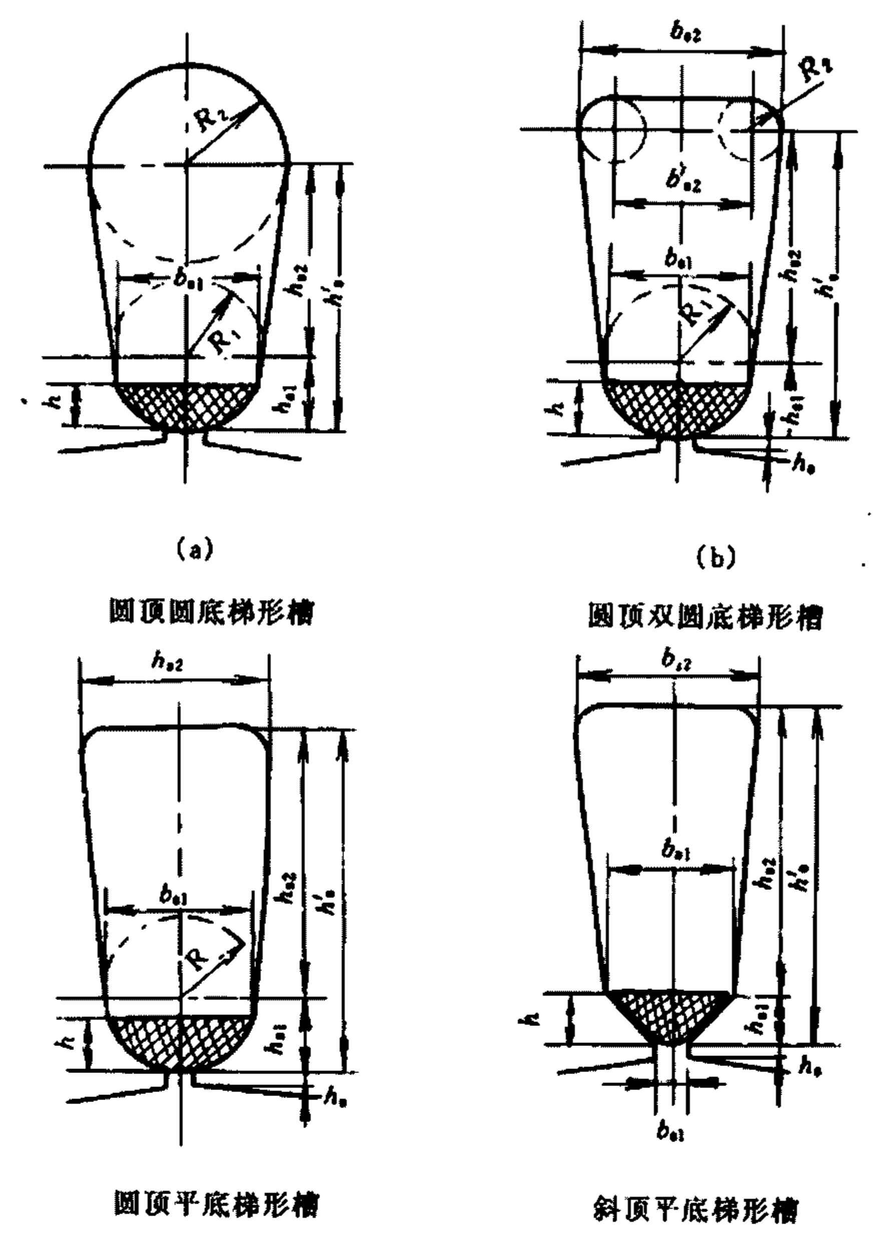


图 3-1 定子槽形及尺寸

(8)槽满率的计算：

$$k_n = \frac{S_c}{S_s} \tag{3-30}$$

k_n 值控制在 0.45~0.75 范围内。(槽内导线的总截面积占槽面积的百分比)

表 3-7　各种圆电磁线绝缘厚度

导线名称	导线直径/mm			
	0.51~0.69	0.72~0.96	1.0~1.62	≥1.68
	绝缘厚度/mm			
氧化膜铝线	0.02	0.02	0.02	0.02
高强度漆包线 薄绝缘/厚绝缘	0.03/0.05	0.04/0.06	0.06/0.08	0.07/0.09
单玻璃丝漆包线	0.20	0.22	0.22	0.24
双玻璃丝漆包线	0.25	0.25	0.27	0.28
聚酰胺-酰亚胺为基的高强度漆包线	0.03	0.04	0.06	0.07
耐冷冻漆包线	0.05	0.06	0.08	0.09

二、类比计算法实例

一台空壳异步电动机，其铭牌及绕组数据均丢失，用类比法求该电动机的功率及绕组数据。

计算步骤如下：

1. 测各部位尺寸

定子铁心内径 $D_{i1}=95\text{mm}$　长度 $L=112\text{mm}$　定子轭高 $h_a=14\text{mm}$　定子齿宽 $b_z=4\text{mm}$　定子槽数 $Z_1=36$　槽面积 $S_s=48.5\text{mm}^2$

2. 估算极数

$$2p=(0.35\sim0.4)\frac{Z_1 b_z}{h_a}$$

$$=(0.35\sim0.4)\frac{36\times4}{14}=3.6\sim4$$

取整数　$2p=4$

3. 查找尺寸相近的电动机

根据 $2p$、以及各部位尺寸，查附表 1-1，尺寸相近的是 JO_2-22-4 1.5kW 电动机，其数据为：铁心内径 $D_{i1}'=90\text{mm}$　长度 $L'=$

115mm 槽数 $Z_1'=24$ 线径 $\Phi'=0.83$ 每个线圈匝数 $N_s'=62$ 单层链式 节距 $y'=1\sim6$ 1路Y接

4. 每槽导线数

$$N_s=N_s'\frac{D_{i1}'L'Z'_1}{D_{i1}LZ_1}$$

$$=62\frac{90\times115\times24}{95\times112\times36}\approx40 \quad 匝$$

5. 导线直径

$$d=d'\sqrt{\frac{D_{i1}N_s'Z'_1}{D_{i1}'N_sZ_1}}$$

$$=0.83\sqrt{\frac{95\times62\times24}{90\times40\times36}}=0.87 \quad mm$$

取标准线径 $d=0.86$mm

6. 计算槽满率

由式3-29得带绝缘导线总截面

$$S_c=\frac{\pi d_c^2}{4}N_s$$

$$=\frac{3.14\times(0.86+0.08)^2}{4}40=27.75 \quad mm^2$$

由3-30式则槽满率

$$k_n=\frac{S_c}{S_s}=\frac{27.75}{48.5}=0.57$$

一般漆包线槽满率在0.45~0.75之间

7. 计算功率

$$P_N=P_N'\frac{d^2}{(d')^2}=1.5\frac{0.86^2}{0.83^2}=1.6 \quad kW$$

综上所述,空壳电动机重绕数据如下:

$2p=4$ $P_N=1.6$kW 线径 $\Phi=0.86$mm 每槽线数 $N_s=40$ 并联支路数 $a=1$ 接法Y 因36槽建议采用单层交叉式绕组。

三、综合计算法实例

一台空壳电动机，铁心尺寸如图 3-2 所示。定子外径 $D_1=182\text{mm}$；定子内径 $D_{i1}=102\text{mm}$；铁心长度 $L=104\text{mm}$；定子槽高（以圆底槽为例），$h_z=16\text{mm}$；槽口高度 $h_s=1\text{mm}$；定子槽大圆半径 $R_2=5.5\text{mm}$；定子槽小圆半径 $R_1=4.5\text{mm}$；大小圆中心距 $h_{s2}=5\text{mm}$；定子槽数 $Z_1=24$。试计算重绕数据。

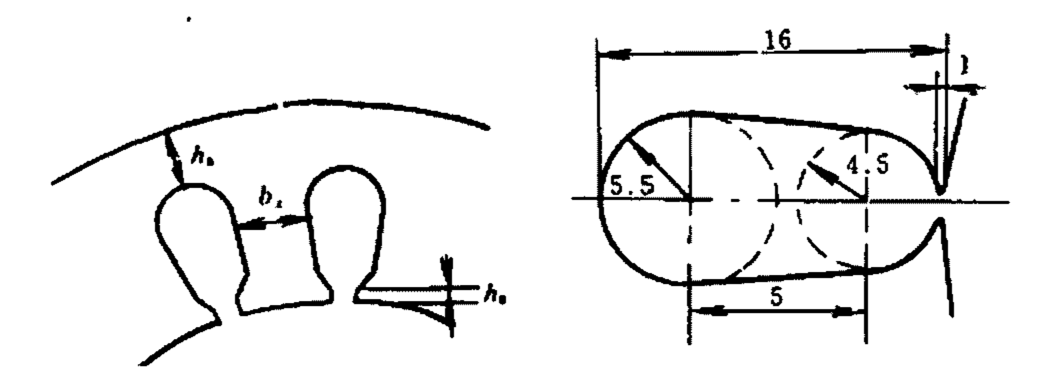


图 3-2　定子槽尺寸

计算步骤如下：

1. 计算电动机极数

$$2p=(0.35\sim0.40)\frac{Z_1 b_z}{h_a}$$

$$=(0.35\sim0.40)\times\frac{24\times5.8}{24}=2.03\sim2.32$$

取整偶数应为二极电机。

式中定子齿宽

$$b_z=\frac{\pi(D_{i1}+2h_s+2R_1)}{Z_1}-2R_1$$

$$=\frac{3.14\times(102+2+2\times4.5)}{24}-2\times4.5$$

$$=14.8-9=5.8\quad\text{mm}$$

式中定子铁心轭部高度

$$h_a = \frac{D_1 - (D_{i1} + 2h_z)}{2}$$

$$= \frac{182 - (102 + 2 \times 16)}{2}$$

$$= \frac{182 - 134}{2} = 24 \quad \text{mm}$$

2.计算功率

在计算功率时,铁心尺寸采用 cm,于是 $D_{i1} \approx 10\text{cm}$; $L \approx 10\text{cm}$,根据公式

$$P_N = \frac{D_{i1}^3 0.28L}{1000}$$

$$= \frac{1000 \times 0.28 \times 10}{1000} = 2.8 \quad \text{kW}$$

3.计算绕组相电流

设空壳电动机为三相、380V、Y 形接法,则

$$I_\varphi = I = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} U \cos\varphi \, \eta}$$

取 $\cos\varphi$ 为 0.89,η 为 0.835,则

$$I_\varphi = \frac{2.8 \times 10^3}{1.73 \times 380 \times 0.89 \times 0.835}$$

$$= 5.75 \quad \text{A}$$

4.计算导线截面积

查表 3-4,封闭式电动机电流密度,j 取 4.7A/mm²。则

$$S = \frac{I_\varphi}{j} = \frac{5.75}{4.7} = 1.22 \quad \text{mm}^2$$

5.计算裸导线直径

$$d = 1.13\sqrt{S} = 1.13\sqrt{1.22}$$

$$= 1.13 \times 1.105 = 1.25 \quad \text{mm}$$

6.计算每槽导线匝数

$$N_s = \frac{2.61 \times 10^4 Upa}{1.73 D_{i1} L Z_1 B_\delta k_{dp}}$$

查表 3-4　$B_\delta = 0.6T$；k_{dp}近似取 0.95

$$N_s = \frac{2.61 \times 380 \times 1 \times 1 \times 10^4}{1.73 \times 102 \times 104 \times 24 \times 0.6 \times 0.95} = 39.5 \quad \text{匝}$$

取 $N_s = 40$ 匝

7.计算每把线圈的匝数

单层 40 匝；双层取 20 匝

8.计算每极每相槽数

$$q = \frac{Z_1}{2pm} = \frac{24}{6} = 4$$

9.计算绕组极相组数

$$k_c = \frac{Z_1}{q} = \frac{24}{4} = 6$$

10.计算每相的极相组数

$$k_\varphi = \frac{k_c}{m} = \frac{6}{3} = 2$$

11.计算线圈极距

$$\tau = \frac{Z_1}{2p} = \frac{24}{2} = 12 \quad \text{槽}$$

查表 3-2 取节距比 83.3%，节距 $y = \tau \times \beta = 12 \times 83.3\% = 10$ 线圈节距为 1 ~ 11。

12.计算每极磁通量

$\Phi = 0.636 S_\delta B_\delta = 0.636 \times 167 \times 0.6 = 63.72 \quad \text{T·cm}^2$

式中气隙极距面积

$$S_\delta = 0.01 \frac{\pi D_{i1} L}{2p} = 0.01 \times \frac{3.14 \times 102 \times 104}{2} = 167 \quad \text{cm}^2$$

13.校验定子轭铁磁通密度

$$B_a = \frac{\Phi}{2S_a} = \frac{63.72}{45} = 1.42 \quad \text{T}$$

B_a 符合表 3-4 要求

式中定子轭铁双倍截面积

$$2S_a=0.009\times 2h_a\times L$$

$$=0.009\times 48\times 104=45\quad cm^2$$

上式定子轭铁双倍高度 $2h_a=2\times 24=48\quad mm$

14.校验定子齿磁通密度

$$B_z=\frac{1.57\Phi}{S_z}=\frac{1.57\times 63.72}{65}=1.54\quad T$$

B_z 符合表 3-4 要求

式中每极齿截面积

$$S_z=0.01\frac{Z_1}{2p}b_z\times 0.9L$$

$$=0.01\times 12\times 5.8\times 0.9\times 104=65\quad cm^2$$

15.计算实际槽满率

$$k_n=\frac{S_c}{S_s}=\frac{61}{111}=0.55$$

k_n 符合表 3-30 要求

式中定子槽截面积

$$S_s=\frac{b_{s1}+2R_1}{2}(h_s'-h)+\frac{\pi}{2}R_2^2$$

$$=\frac{6+9}{2}\times(10.5-2)+\frac{3.14\times 5.5^2}{2}$$

$$=7.5\times 8.5+47=111\quad mm^2$$

式中定子槽内带绝缘导线截面积

$$S_c=\frac{\pi d_c^2}{4}N_s=\frac{3.14\times 1.39^2}{4}\times 40=61\quad mm^2$$

用高强度漆包线，查表 3-7d 的绝缘厚度取 0.07，那么 $d_c=1.25+0.07\times 2=1.39\quad mm$。

四、改变导线规范的计算

在电动机修理(或重绕)过程中，如果没有原规格的导线，可改

变导线规范,但必须注意,应保持改变后的导线电流密度和槽满率基本不变。

1.改变并绕导线的根数

这是改变导线规范的方法中最简单的一种,其方法是,可用两根、三根或更多根导线并绕,但要注意并绕导线的总截面必须和原导线截面积基本相同。

设原导线直径为 d',截面积 S',由 n' 导线并绕,现改为导线直径 d,截面积 S 的导线,则:

$$nS = n'S'$$

$$S = \frac{n'}{n}S' \qquad (\text{mm}^2) \tag{3-31}$$

$$d = \sqrt{\frac{n'}{n}} \cdot d' \qquad (\text{mm}) \tag{3-32}$$

式中:$n'n$ 为改变前后的并绕根数。

2. 改变并联支路数

有时会出现这样的情况,如采用的并绕根数的线轴不够或需多根导线并绕,这样既费时间,工艺上也比较困难,因此,可采用改变并联支路数来解决。改变并联支路数应注意以下几点。

(1)改接后的电动机尽可能使每匝承受的电压不变。每相串联匝数不变。

(2)电动机的额定电流保持不变。

(3)气隙磁通密度不变,这样才能保持电动机的性能。

设并绕根数 n 不变,则导线截面积 S 与并联支路数 a 成反比即

$$S = \frac{a'}{a}S' \qquad (\text{mm}^2) \tag{3-33}$$

$$\text{或 } d = \sqrt{\frac{a'}{a}}d' \qquad (\text{mm}) \tag{3-34}$$

此时,每槽导线数 N_s 必须相应改变。N_s 与 a 成正比,则有

$$N_s = \frac{a}{a'}N_s' \qquad (\text{根/槽}) \tag{3-35}$$

3."Y"接改为"△"接

如果用改变并联支路方法仍没有合适的导线,可把原一路星接改为一路角接。由"Y"改接"△"形,其相电压扩大$\sqrt{3}$倍,相电流缩小$\sqrt{3}$倍,那么每槽导线数 N_s 与电压 U 成正比,故

$$N_{s\triangle}=\sqrt{3}N_{sY}=1.73\quad N_{sY} \tag{3-36}$$

当电流密度不变的情况时,导线截面积 S 与电流 I 成正比,故

$$S_{\triangle}=\frac{1}{\sqrt{3}}S_{Y}=0.58S_{Y} \tag{3-37}$$

$$\text{或 } d_{\triangle}=\sqrt{\frac{1}{\sqrt{3}}}d_{Y}=0.76d_{Y} \tag{3-38}$$

4."△"接改"Y"接

"△"接改"Y"接后,相电压缩小$\sqrt{3}$倍,相电流扩大$\sqrt{3}$倍,故

$$N_{sY}=\frac{1}{\sqrt{3}}N_{s\triangle}=0.58N_{s\triangle} \tag{3-39}$$

$$S_{Y}=\sqrt{3}S_{\triangle}=1.73S_{\triangle} \tag{3-40}$$

或

$$d_{Y}=\sqrt{1.73}\,d_{\triangle}=1.32\mathrm{d}_{\triangle}$$

从以上分析,导线的代用可灵活运用,但在"△"接和"Y"接的变换时,必须修改铭牌上标明的接法。以免使用时误会,烧坏电机。

§3-2 单相异步电动机空壳重绕计算

单相异步电动机的定子绕组和三相异步电动机类似,在修理过程中,如果遇到无法查考的空壳电动机需要重绕时,若采用计算的方法确定绕组数据,比较繁琐。要达到准确的绕组数据,是比较困难的。一般多采用比较加简单的计算方法。因为单相电动机多数为专用电动机,如风扇、洗衣机、罩极电机等,其外形特征比较明显,就容易确定该电动机的原来用途,然后查阅有关资料。如发现

同样铁心尺寸的电动机数据，又符合修理电动机的用途，可直接运用资料中的数据进行绕制。

如果只能找到与铁心尺寸接近的电动机数据，则可通过简单的计算，对该数据进行核对，当所计算的各个参数与资料中的数据接近时，可按计算数据进行重绕。

一、计算方法

1. 测铁心各部尺寸

定子铁心外径 D_1，定子铁心内径 D_{i1}，铁心长度 L，定子铁心轭高 h_a，定子槽数 Z_1，转子槽数 Z_2，转子铁心外径 D_2。

2. 确定电压和转速

单相异步电动机的电源一般是220V，然后计算极数(取整数)确定转速，即 $2P=(0.35\sim0.4)\dfrac{Z_1 b_z}{h_a}$。目前小型单相异步电动机多采用通用冲片，所以算出的数值还要结合用途一起考虑，最后确定极数。

3. 极距

$$\tau=\frac{\pi D_{i1}}{2P}\quad(\mathrm{cm})\tag{3-41}$$

4. 每极磁通

$$\Phi=a_\delta \tau L k B_\delta\quad(\mathrm{Wb})\tag{3-42}$$

式中：a_δ 为极弧系数，即空气隙磁通密度的平均值与最大值之比，通常取0.6～0.73之间；k 为铁心压装系数，一般取0.9；气隙磁密 B_δ 可按表3-8选取。

5. 校验轭部磁通密度

由式(3-20)(3-21)得

$$B_a=\frac{\Phi}{0.9\times 2h_a\times L}\quad(\mathrm{T})\tag{3-43}$$

如算出的 B_a 值与表3-8中的数值不相符合，可重选 B_δ 再算。

表 3-8 电磁部分的计算参数

名　　称	选 用 范 围
气隙磁密 B_δ/T	0.40～0.65
定子齿磁密 B_z/T	1.30～1.60
定子轭磁密度 B_a/T	1.0～1.55
主绕组电流密度 j_m/A·mm²	3～8
副绕组电流密度 j_a/A·mm²	30～50
电容运转副绕组电流密度 j_a/A·mm²	5～10

6. 校验齿部磁通密度

$$B_z = \frac{\Phi}{\frac{Z_1}{2p} a_\delta b_z l k} \quad (\mathrm{T}) \tag{3-44}$$

算出的 B_z 应在表 3-8 的范围内，如太大，重选 B_δ 再算。

7. 主绕组匝数

$$W_m' = \frac{K_i U}{4.44 f \Phi K_\varphi} \quad (匝) \tag{3-45}$$

式中：K_i 为电势系数，一般取 0.9 左右；K_φ 为波形系数，一般取 1.09；Φ 为每极磁通(Wb)。

选定绕组形式，并按表 3-9 查出绕组基波系数，算出总的实际匝数

$$W_m = \frac{W_m'}{k_{dp1}} \quad (匝) \tag{3-46}$$

式中：k_{dp1}为基波系数，见表 3-9。

按表 3-9 算出各槽导体数，从而可以画出线圈图。

8. 副绕组匝数

副绕组串联匝数的选择，很大程度上决定了单相电动机的起动性能，其计算比较复杂，一般可用下面的方法进行估算：

(1)对于采用正弦绕组的分相电动机(如 JZ、BO 等)

$$W_a = (0.5 \sim 0.6) \quad W_m \tag{3-47}$$

(2)对于起动后切除副绕组的分相电动机和采用正弦绕组的

表3-9 正弦绕组的匝数

每极槽数 q	不同跨槽数的各线圈匝数所占												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4		58.6		41.4									
6	13.5	26.8	36.5	46.4	50.0	26.8							
8	15.3	23.5	28.0	35.1	36.8	41.4	19.9						
9	12.1	18.5	2.27	28.3	30.6	34.7	34.6	18.5					
12	3.4	6.8	10.0 10.3	13.2 14.1	15.9 16.5	18.6 20.0	20.7 21.4	22.8 24.5	24.1 25.0	25.4 27.3	25.9 26.8	13.2 14.1	
16			5.8	7.9	9.4 10.0	11.3 12.4	12.7 13.4	14.4 15.7	15.4 16.4	17.2 18.5	17.6 18.7	18.9 20.5	19.2 20.4
18			4.6	6.1	7.5 7.8	9.0 9.6	10.2 10.6	11.6 12.4	12.5 13.2	13.8 14.7	14.5 15.2	15.7 16.7	16.0 16.8

百分率（%）					基波绕组系数 k_{dp1}	谐波强度 f_ν			
14	15	16	17	18		f_1	f_3	f_5	f_7
					0.828	1	0	0	0.143
					0.776	1	0	0	0
					0.804	1	0	0	0
					0.795	1	0	0	0
					0.829	1	0.016	-0.017	0.014
					0.793	1	0	0	0
					0.821	1	0.013	-0.012	0.011
					0.783	1	0	0	0
					0.789	1	0	0	0
					0.806	1	0.006	-0.006	0.005
					0.829	1	0.021	-0.017	0.012
	19.9				0.798	1	0.003	-0.002	0.002
20.0		10.3			0.812	1	0.009	-0.008	0.007
	21.1				0.829	1	0.022	-0.017	0.012
21.8		11.1			0.848	1	0.040	-0.027	0.013
	17.1		17.6		0.795	1	0.001	-0.002	0.002
17.0		17.8		9.0	0.806	1	0.006	-0.006	0.005
	17.9		18.5		0.821	1	0.016	-0.013	0.010
18.1		18.9		9.6	0.837	1	0.029	-0.022	0.012

电容分相电动机(如 JY、CO 型等)

$$W_a = (0.5 \sim 0.7) \quad W_m \tag{3-48}$$

(3)对于采用正弦绕组的电容运转式电动机(如 JX、DO 型等)

$$W_a = (1 \sim 1.4) \quad W_m \tag{3-49}$$

(4)对于采用同心绕组的分相电动机,副绕组只占定子槽数的1/3,若无特殊要求,则可取

$$W_a = W_m \tag{3-50}$$

重绕后的单相异步电动机,若起动性能达不到要求,可对副绕组的匝数进行适当的调整。

对分相电动机,起动转矩小,可适当减少副绕组的匝数,若起动电流过大则增大电阻或增加匝数。

对电容起动或电容运转电动机,起动转矩小,可先增加电容量,如达不到要求,可增加副绕组匝数,若起动电流过大,可先减少电容器的容量后增加匝数。若电容器的端电压过高,则应增加电容量或增加副绕组回路的电阻。

9.槽的有效截面积

$$S_x = S_s - S_i \quad (\text{mm}^2) \tag{3-51}$$

式中:S_s 为槽实际截面积(按 2-25、26、27 式计算);S_i 为槽绝缘占面积。

槽绝缘面积,可由下式决定(以圆底槽为例)

单层绕组

$$S_i = c(2h_s' + \pi R_2 + b_{s1}) \quad (\text{mm}^2) \tag{3-52}$$

双层绕组

$$S_i = c(2h_s' + \pi R_2 + 3R_2 + b_{s1}) \quad (\text{mm}^2) \tag{3-53}$$

式中:c 为绝缘厚度,(3-52)式、(3-53)式中其他符号的意义见图 3-1(a)。

10.定子电流

$$I_1 = \frac{P_2}{U\eta\cos\varphi} \quad (\text{A}) \tag{3-54}$$

式中：U 为电源电压，取 220V；P_2 为输出功率，一般根据所测量出的铁心尺寸，结合附录二、附录三表格估算。

根据 P_2 的值，然后按照图 3-3 和图 3-4 找出 η、$\cos\varphi$ 的值。

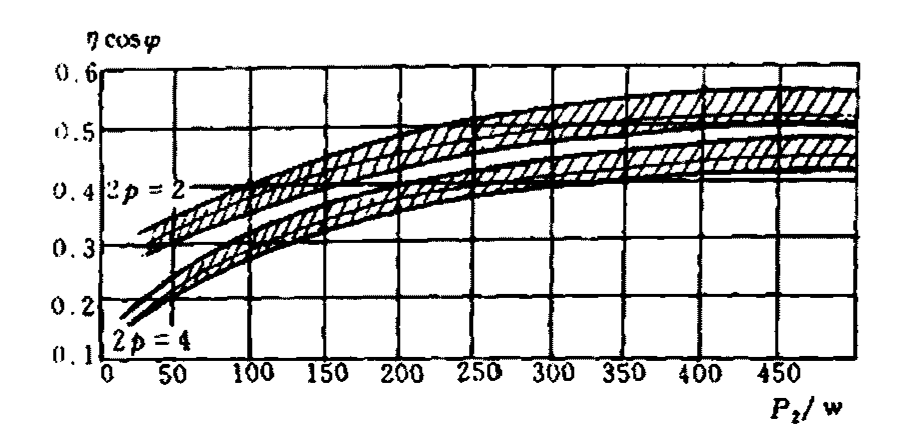


图 3-3 带起动元件单相异步电动机效率曲线

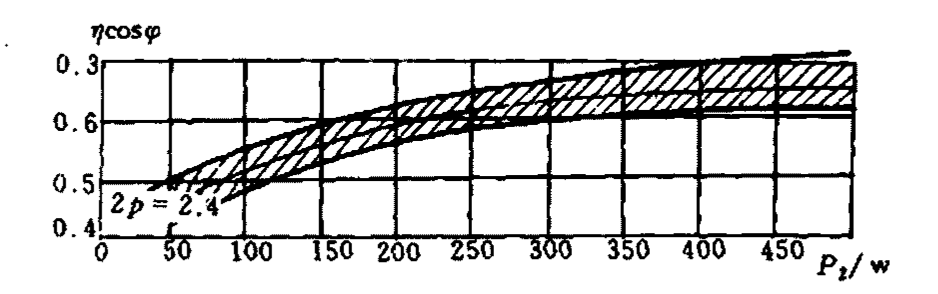


图 3-4 单相电容运转电动机效率曲线

11. 主、副绕组电流

对于电容运转电动机其主、副绕组电流为

$$I_m = \frac{I_1}{\sqrt{1+(1\sim1.4)^2}} \quad (A) \tag{3-55}$$

$$I_a = \frac{1.4I_1}{\sqrt{1+1.4^2}} \quad (A) \tag{3-56}$$

对于分相起动电动机，则主绕组电流就等于定子电流，即

$$I_m = I_1 \quad (A) \tag{3-57}$$

12. 导线截面积

主绕组导线截面积

$$S_m = \frac{I_m}{j_m} \quad (mm^2) \tag{3-58}$$

式中：j_m 为主绕组电流密度，按表 3-8 选取。

副绕组导线截面积

$$S_a = \frac{S_m}{1 \sim 1.4} \quad (mm^2) \tag{3-59}$$

对于分相起动副绕组的导线截面积，由于该绕组短暂通电，可按起动电流来选择，但不得超出表 3-8 中的范围。

13. 槽满率

先算出定子槽内带绝缘导线截面积，见(3-29)式。根据计算结果和(3-51)式，算出槽满率。对正弦绕组，每槽导线数应为主绕组最多的线圈匝数。槽满率不得超过 75%。

14. 电容器容量的选择

可按附表 2-2 DO_2 单相电容运转电动机数据中选择。

二、计算实例

有一台空壳无铭牌电动机，测得定子铁心内径 $D_{i1} = 5.0cm$，铁心长度 $L = 4.8cm$，定子槽数 $Z_1 = 24$，定子槽截面积 $S_s = 44.5mm^2$，定子齿宽 $b_z = 0.24cm$，定子轭高 $h_a = 0.96cm$，要重绕一台单相电容运转电动机，其计算顺序如下：

1. 确定电压和转速

电源电压取 220V，转速根据极数确定。

$$\begin{aligned} 2p &= (0.35 \sim 0.40)\frac{Z_1 b_z}{h_a} \\ &= (0.35 \sim 0.40)\frac{24 \times 0.24}{0.96} \\ &= 2.1 \sim 2.4 \end{aligned}$$

取 $2p = 2$，电动机同步转速为 $n_1 = 3000r/min$

2.极距

$$\tau=\frac{\pi D_{i1}}{2p}=\frac{3.14\times5.0}{2}=7.85\quad \text{cm}$$

3.每极磁通

取 $\alpha_\delta=0.7, k=0.94, B_\delta=0.48\text{Wb/m}^2$

$$\begin{aligned}\Phi&=\alpha_\delta\tau LkB_\delta\\&=0.7\times7.85\times10^{-2}\times4.8\times10^{-2}\times0.94\times0.48\\&=11.90\times10^{-4}\quad \text{Wb}\end{aligned}$$

4.校验轭部磁通密度

$$\begin{aligned}B_a&=\frac{\Phi}{0.9\times2h_a\times L}\\&=\frac{11.90\times10^{-4}}{0.9\times2\times0.96\times10^{-2}\times4.8\times10^{-2}}\\&=1.44\quad \text{T}\end{aligned}$$

在使用(3-20)(3-21)式时,应注意使用单位。

5.校验齿部磁通密度

$$\begin{aligned}B_z&=\frac{\Phi}{\frac{Z_1}{2p}\alpha_\delta b_z Lk}\\&=\frac{11.90\times10^{-4}}{12\times0.7\times0.24\times10^{-2}\times4.8\times10^{-2}\times0.94}\\&=1.31\quad \text{T}\end{aligned}$$

6.主绕组有效匝数

$$\begin{aligned}W'_m&=\frac{K_iU}{4.44f\Phi K_\varphi}\\&=\frac{0.9\times220}{4.44\times50\times11.90\times10^{-4}\times1.09}\\&=688\quad \text{匝}\end{aligned}$$

选定绕组形式,查表3-9基波系数为0.783,则总实际匝数。

$$W_m=\frac{W'_m}{k_{dp1}}=\frac{688}{0.783}=878\quad \text{匝}$$

取 $W_m = 880$ 匝

根据所选定绕组形式和表 3-9 中各槽绕组的百分比算出各槽的导线数，如图 3-5 所示。

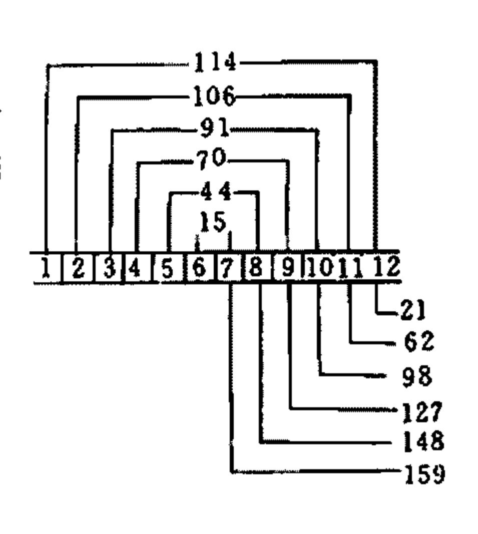


图 3-5 绕组排列

7. 副绕组匝数

根据(3-49)式取 $1.4W_m$

$W_a = 1.4W_m$

$= 1.4 \times 880 = 1230$ 匝

8. 定子电流

根据定子尺寸，其功率接近 120W，由图 3-5 查 $\eta\cos\varphi = 0.55$

$$I_1 = \frac{P_2}{U\eta\cos\varphi}$$

$$= \frac{120}{220 \times 0.55} = 0.99 \quad \text{A}$$

主绕组电流

$$I_m = \frac{I_1}{\sqrt{1 + 1.4^2}} = \frac{0.99}{1.72} = 0.58 \quad \text{A}$$

副绕组电流

$$I_a = \frac{1.4I_1}{\sqrt{1 + 1.4^2}} = \frac{1.4 \times 0.99}{\sqrt{1 + 1.4^2}} = 0.81 \quad \text{A}$$

9. 导线截面积和直径

（取 $j_m = 4.6\text{A}$）

主绕组导线截面积和直径

$$S_m = \frac{I_m}{j_m} = \frac{0.58}{4.6} = 0.125 \quad \text{mm}^2$$

$$d_m = \sqrt{\frac{4S_m}{\pi}} = 0.4 \quad \text{mm}$$

副绕组导线截面积和直径

$$S_a = \frac{S_m}{1.4} = \frac{0.125}{1.4} = 0.09 \quad mm^2$$

$$d_a = \sqrt{\frac{4S_a}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.09}{3.14}} = 0.33 \quad mm$$

查表 3-7 可得带绝缘导线直径 $d_m = 0.48 \quad d_a = 0.38$

10. 计算槽满率

取线圈匝数最多的一槽(第 9 槽)

$$W_m + W_a = 70 + 127 = 197 \quad 匝$$

$$S_c = S_m' W_m + S_a' W_a$$

$$= (\frac{0.48}{2})^2 \pi \times 70 + (\frac{0.38}{2})^2 \times \pi \times 127 = 27 \quad mm^2$$

$$k_n = \frac{S_c}{S_s} = \frac{27}{44.5} = 0.61$$

S_m'、S_a'为主、副绕组带绝缘导线的截面积。

考虑槽绝缘在内未超过 75%。

11. 电容器容量

查附表 2-2DO$_2$ 电容运转电动机数据，电容量可选 $4uF$。

实验一　拆旧电机并记录原始数据

一、实验目的

1.了解绕组拆前记录原始数据的意义，并掌握查测方法。学会按未拆旧绕组画出绕组展开图和圆形接线图。

2.掌握小功率电动机绕组的冷拆法和加热拆法。

3.学会用游标卡尺、钢板尺测铁心尺寸，用外径千分尺测漆包线线径。

二、实验仪器及工具

名称	规格	数量
1.旧电机		1台
2.三相自耦调压器	10kVA	1台
3.电压表	D26-V/500V	1块
4.电流表	D26-A　10-20A	1块
5.万用表	500型	1块
6.游标卡尺、外径千分尺、钢板尺		各1个
7.鹰嘴钳、尖嘴钳、手钳、锤子、凿子		各1把
8.大小改锥、活板手		各1把

三、原始数据的查测方法

当电动机绕组损坏后，局部修理无法修复时，就必须更换全部绕组。拆除旧绕组前，必须做好原始数据的记录，谨防拆除后无据可查。记录各项数据时，必须特别注意电动机的极数、绕组型式、绕组并绕根数，绕组并联支路数、绕组节距、导线直径、端部伸出长度、绕组展开图以及圆形接线图，这些数据必须在拆线前和拆线中查明。现简述几点具体查测方法，供参考。

1.查测极数

异步电动机的极数，可从铭牌上的转速根据电动机的同步转速 n_1 与电源频率 f 来决定：$2p=120f/n_1$。如果铭牌丢失，可从定

子铁心内径 D_{i1}与极距 τ 的关系式 $\tau = \pi D_{i1}/2p$ 估算。

2.判别绕组型式

电动机绕组型式有两种表示方法。一是按定子绕组形成磁极数的接法来区分,即:显极式绕组(尾接尾、头接头)和隐极式绕组(尾接头);二是按定子绕组形状和嵌装布线方式来区分,即:集中式绕组和分布式绕组。而分布式绕组又分为单层链式、交叉式、同心式和双层绕组等等。重绕记录卡中要求填写的绕组型式,一般指绕组的形状型式。在查看时,应将电动机端盖打开,剪去绑扎线,仔细观察绕组的形状和端部接线,便可绘出绕组展开图。

3.判别绕组并绕根数

将两把线圈间的连接线剪断,数一下里面导线的根数即为并绕根数。但须注意每把线圈匝数应除尽并绕根数。

4.判别并联支路数

可将连接引出线的端线剪断,数一下端线里导线的根数,再除以并绕根数即为并联支路数。

功率在 4kW 以上的电动机多采用多路并联,拆线时应注意。

5.判别绕组节距

查看绕组节距须注意,有等节距与不等节距之分。例如:单双圈交叉绕组中,单圈的节距往往与双圈节距是不等的。查看时最好在线圈拆去一半时复查一次较为可靠,因为这时比较容易看清楚。

在拆线时,最好能有几把线圈整个拆下来,以便核点每把线圈匝数,同时保留一个比较完整的线圈样品,用于校正绕线模。

6.测量导线直径

把导线放在酒精灯上烧去绝缘层,用软布轻擦几下,然后用千分尺测量。切不可用砂布或刀片刮,以防线径不准确。

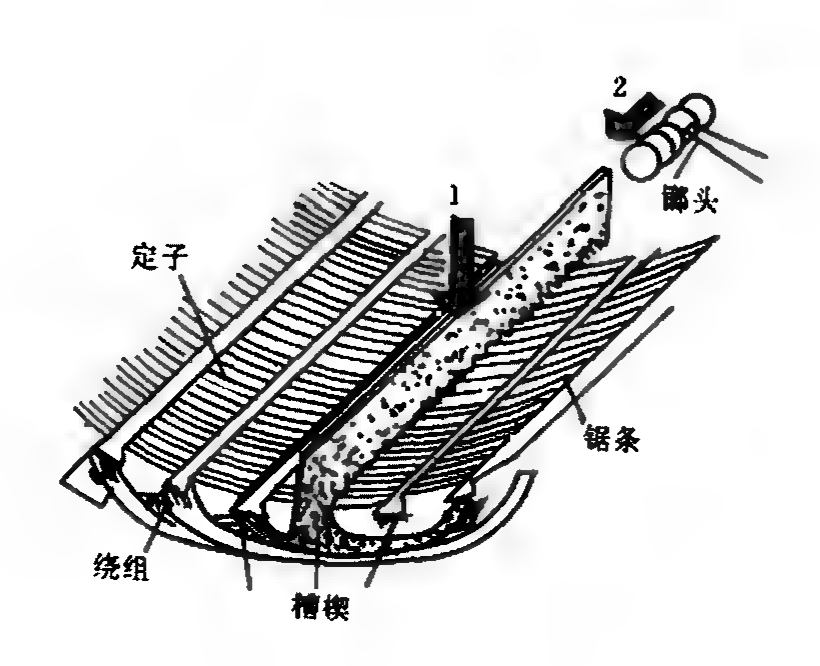
四、拆除旧绕组方法简介

绕组在冷态时很硬,必须采取适当措施后才能将其拆除。通常采用以下几种方法。

1.通电加热法

该法适应于大、中型电机，其温度容易控制，但须容量足够大的电源。

通电加热时需将转子抽出，用三相调压器向定子绕组通电。其电压一般不超过额定电压的 50%，电流不超过额定电流的两倍。根据设备情况，可以三相绕组一起通电，也可以单相绕组、一个极相组或单个线圈通电。待绝缘软化，绕组端部冒烟时，即可切断电源，打出槽楔，如槽楔不容易取出，可采用如实验图 1-1 所示的方法，将槽楔取出。然后拆除绕组。如绕组中有短路或断路故障，局部线圈不能加热，可采用涂刷溶剂的办法使绕组绝缘溶化后再迅速拆除。



实验图 1-1　用锯条取槽楔法

2.木材火烧法

用木柴火烧加热，将电动机定子架空立放，在腔中加木柴燃烧，使绝缘物烧焦。

采用火烧法时，火势不宜太猛，时间不宜太长，以烧焦绝缘物为止。一般经验是烧到槽楔能自行燃烧时，应少添柴，再经 5～10min 即可。此法简单易行，一般多采用。

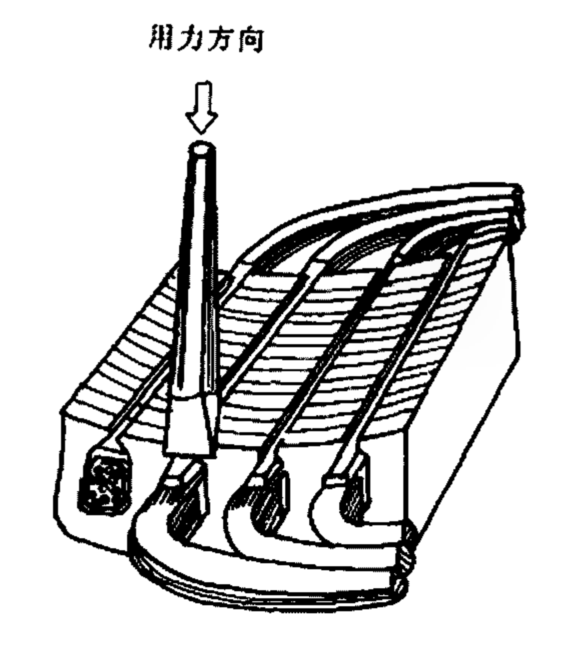
3.溶剂溶解法

用丙酮 50%、甲苯 45%、石蜡 5%配成溶剂。配制时，先将蜡加热熔化，再加入甲苯，最后加丙酮搅匀即成。使用时，把电动机

定子立放在有盖的铁箱内，用毛刷将溶剂刷在绕组上，然后加盖密封，保持 1～2h(小时)，待绝缘软化后即可拆除。溶剂价格较贵且有毒，一般用于微型电机绕组的拆除。

4.冷拆法

对比较容易拆下或铁心可从定子外壳中拿出的电机，可采用冷拆法。用锋利的凿子将线圈的一端沿铁心斩断，如实验图 1-2 所示(注意不要损坏铁心)。用一根小于槽形的钢筋棍(长约 10～20cm)对准斩断的截面，依次敲打每一个槽，整个线圈就会整体向另一端移动，直至全部线圈移出。对能从外壳取出铁心的电机(如洗衣机、电风扇电动机)，可将铁心夹在台钳上，用钢锯沿铁心将绕组一端锯开，按上述方法依次打出铁心。



实验图 1-2　利用凿子冷拆法

拆除旧绕组时，应保证不损坏铁心。拆完后，一定要清理槽内的残留物，并整理好铁心。

五、实验内容及步骤

1.绕组拆前应记录的数据

(1)将电动机的铭牌数据填入重绕记录卡中。

(2)将电动机两端盖打开，按查测方法仔细观察并弄清楚电动机的极数、绕组的型式、绕组的节距 y、并绕根数、并联支路数 a、端部伸出长度 b，以及绕组展开图填入重绕记录卡中。

2.拆旧绕组

在老师的指导下，选一拆除旧绕组的方法，拆除旧绕组，在拆

除过程中，对以上所查测的数据进行核实，并留几把完整的旧线圈用于清点匝数和校正绕线模。切记勿要损坏铁心。

3. 测量尺寸

用游标卡、千分尺、钢板尺测铁心外径 D_1、内径 D_{i1}、铁心长度 L、定子槽数 Z_1、导线直径及槽形尺寸填入重绕记录卡。

槽形尺寸可在线圈拆出后，用一张较厚的白纸，放在定子槽口上，然后用手指在纸上按压，使白纸上印有槽形痕迹，再用绘图的分规逐项绘出槽形尺寸。

六、实验报告要求

1. 写出实验目的，填写所拆电机重绕记录卡（实验表 1－1、1－2）。

2. 写出拆旧绕组体会。

注意：

(1) 由于漆包线和定子铁心等器材在实验中要重复使用，浸漆烘干工序在实验时省掉，即定子绕组不浸漆。

(2) 把嵌入槽中的线圈取出来时，不要让导线碰及铁心，不要把导线上的漆皮碰破，线也不要搞乱、搞扭，以便重新绕成线圈元件，再次放入槽中。

实验表 1-1　三相异步电动机重绕记录卡

<table>
<tr><td colspan="5">送修单位</td></tr>
<tr><td>铭牌数据</td><td colspan="4">型号____功率____转速____接法____
电压____电流____频率____定额____
绝缘等级____功率因数____制造厂____出厂日期____</td></tr>
<tr><td>绕组数据</td><td>绕组型式____
线圈节距____
并联支路数____
导线直径____(mm)
并绕根数____
每槽导线数____
线圈匝数____
线圈端部伸出长度 b ____(mm)</td><td>铁心数据</td><td colspan="2">定子铁心外径 D_1 ____(mm)
定子铁心内径 D_{i1} ____(mm)
定子铁心长度 L ____(mm)
定子槽数 Z_1 ____(mm)
定子槽深 h ____(mm)</td></tr>
<tr><td>绕组展开图</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>其它</td><td>圆形接线图</td><td colspan="2">槽形尺寸</td><td>线圈尺寸</td></tr>
<tr><td colspan="2">修理者：</td><td colspan="3">修理日期：</td></tr>
</table>

实验表 1-2 单相异步电动机重绕记录卡

<table>
<tr><td colspan="7">送修单位</td></tr>
<tr><td>铭牌数据</td><td colspan="6">型号________功率________频率________编号________
电压________电流________温升________转速________
电容__________制造厂__________制造日期__________</td></tr>
<tr><td rowspan="3">绕组数据</td><td>绕组名称</td><td>绕组型式</td><td>节距 y</td><td>线径,mm</td><td>匝数</td><td>端部伸出长度 b,mm</td></tr>
<tr><td>主绕组</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>副绕组</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">铁心数据</td><td>定子外径 D_1/mm</td><td>定子内径 D_{i1}/mm</td><td colspan="2">铁心长度 L/mm</td><td>定子槽数 Z_1</td><td>槽深 h/mm</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>绕组展开图</td><td colspan="6"></td></tr>
<tr><td>其它</td><td colspan="2">圆形接线图</td><td colspan="2">槽形尺寸</td><td colspan="2">线圈尺寸</td></tr>
<tr><td colspan="3">修理者：</td><td colspan="4">修理日期：</td></tr>
</table>

实验二　清理修整铁心、制放槽绝缘

一、实验目的

1.学会正确清理、修整铁心的方法。

2.掌握槽绝缘、相间绝缘材料的选用、裁剪和放置的方法。

二、实验工具及材料

1.锤子、锉刀、清槽刷、钩子　　各1把

2.钢板尺、剪刀、电工刀、裁纸刀　　各1把

3.各类绝缘材料　　若干

三、绝缘材料的选择及裁剪尺寸

绕组的绝缘是电动机质量的一个重要因素，所用绝缘必须符合原来的耐热等级，并且有足够的耐压强度，其尺寸、厚度及折叠形状应与原结构相同。如缺乏原有资料或材料，可参照下面数据决定。

1. 槽绝缘种类

通常采用E级绝缘材料，如原来电动机采用B级，最好仍保持B级。

(1)一般分里外二层，紧贴槽的外层用一层0.15mm厚的青壳绝缘纸，或一层黄蜡布，或两者兼用；里层用一层0.15mm厚的薄膜青壳纸。大功率电动机均采用这些材料。

(2)小功率电动机可只用一层0.20mm或0.25mm厚的薄膜青壳纸。

(3)最新工艺外层用一层0.15～0.25mm厚的薄膜青壳纸；里层用二层聚脂薄膜。

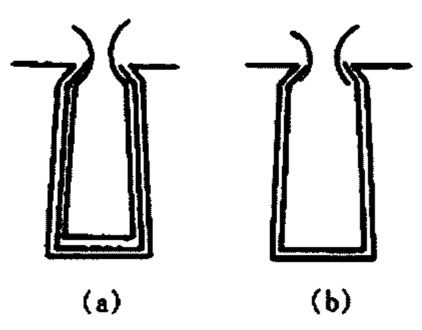
2. 尺寸要求

(1)槽绝缘长度一般使它的两端各伸出槽外5～10mm，功率较大的电动机伸出槽外部分的绝缘纸膜布还应放长尺寸并折迭成双

层。这样既使其固定,又能加强槽口两端的绝缘性。

(2)里外两层的宽度要求不同,外层的宽度只要使纸布的左右下三面紧贴槽壁,而上面正好比槽口缩进一些即可。里层的宽度则要使纸有三面紧贴槽壁外,上面要高出槽口约 15~20mm,以便嵌线时使导线能从高出槽口的两片纸中间滑进去,不致与槽口接触摩擦损坏导线绝缘,如实验图 2-1(a)所示。

(3)另一种要求里外两层的宽度相同,都只要使纸布的三面紧贴槽壁,上面正好比槽口缩进些,而在槽口插入二片宽度约 20mm 薄膜青壳纸。这二片纸称为引槽纸,它起到嵌线时引使导线滑进槽里的作用。当导线全部嵌好一槽后,可将这二片引槽纸抽出,插到另一槽口继续使用,如实验图 2-1(b)所示。(b)图是小功率电动机用的一层槽绝缘,其高出的二片引槽纸相同。



实验图 2-1 槽绝缘的放置

3. 使用要求

微型电动机因定子内径特别小,插放引槽纸嵌线不方便,一般采用里层高出槽口的方法,并且所有槽绝缘纸不是一次放好,而是放一槽嵌一槽;嵌好一槽就将高出槽口的绝缘纸沿槽口剪平,包卷后即插入槽楔。

在双层绕组中,因每个槽嵌有属于不同线圈组或不同极相组的两线圈边,分上下两层,或以槽口为准称里外档、上底层。先嵌靠槽底的称底层、下层或外档;后嵌靠槽口的称上层、里档。这两层之间必需隔一层绝缘纸,称为“层间绝缘纸或隔相绝缘纸”。层间绝缘纸通常采用 0.2~0.25mm 厚的薄膜青壳纸,宽度要比槽宽大 5~10mm,以便折迭包住底层导线,使两层导线隔开。它的长度要求两端各伸出槽外 10~20mm,以利于隔相绝缘。

四、实验内容及步骤

1. 清理修整铁心

用锤子、锉刀修整突出歪扭的硅钢片，锉平毛刺，用钩子、清槽刷将槽内残留的绝缘物清理干净，用皮老虎或电吹风吹干净。

2. 裁槽绝缘

(1)槽底绝缘

用 0.15～0.2mm 青壳纸一层，应顺纹裁剪。

长 = 铁心长 L +(20～30)mm

宽 = 槽内左右下三个面

(2)槽绝缘

用 0.15～0.2mm 聚脂薄膜青壳纸一层，应顺纹裁剪。

长 = 铁心长 L +(10～15)mm

宽 = 槽内三个面 + 30mm

(3)槽内相间绝缘

用剪下的槽绝缘作槽内相间绝缘或另外裁剪。

3. 垫槽底绝缘

将槽底绝缘两端各折回 5mm，垫入槽内，将折回部分端部用钉子挑出见实验图 2-2(b)，这样，使槽底绝缘紧卡在槽内，不能前后窜动。一一将所有槽垫完。

五、实验报告要求

1. 实验目的。

2. 总结裁绝缘、垫槽底绝缘的体会。

附录:槽绝缘的等级与折叠方法

实验表 2-1　不同绝缘等级的槽绝缘材料

型号	机座号	绝缘等级	材　　料	总厚度/mm	伸出铁心长度/mm
JO	3	A	0.1 绝缘纸 + 0.17 黄蜡布 + 0.1 绝缘纸	0.37	7.5~10
JO	4~5	A	0.17 绝缘纸 + 0.17 黄蜡布 + 0.17 绝缘纸	0.51	7.5~10
JO	6~9	A	0.2 绝缘纸 + 0.2 黄蜡布 + 0.2 绝缘纸	0.6	10~15
JO_2	1~3	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸复合箔,槽两端褶边,上盖槽盖绝缘	0.27	7.5~10
JO_2	4~6	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸云母箔 + 0.06 聚酯薄膜(或 0.15 绝缘纸)	0.33 (0.44)	10~15
JO_2	7~9	E	0.27 聚酯薄膜青壳纸云母箔 + 0.06 聚酯薄膜(或 0.15 绝缘纸)	0.33 (0.44)	10~15
Y	80~112	Б	0.30 聚酯纤维聚酯薄膜复合箔(DMD,DMDM)	0.3	7.5~10
Y	132~180	B	0.35 聚酯纤维聚酯薄膜复合箔(DMD,DMDM)	0.35	7.5~10
Y	200~280	B	0.45 聚酯纤维聚酯薄膜复合箔(DMD,DMDM)	0.45	10~15

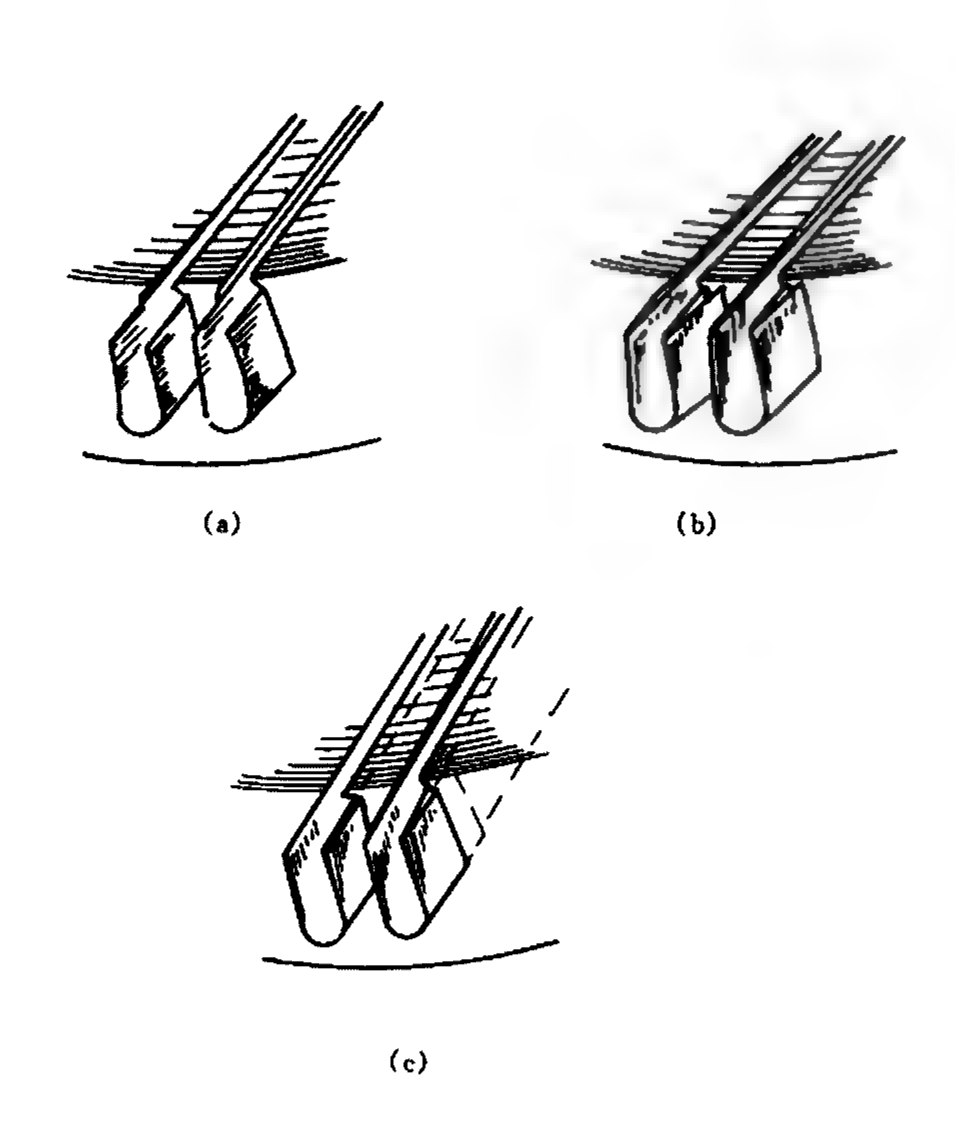
折叠方法:

较老式的电动机的槽绝缘的高度超过气隙槽口,嵌线后折入槽中,用槽楔压紧。新型电动机的槽绝缘的高度不高出气隙槽口,

在槽楔下加垫条。

两端槽口外部的绝缘有三种处理方法，如实验图 2-2 所示。

图(a)是不另外加强；图(b)是反折加强但不伸入槽口；图(c)是反折，并且伸入槽口。



实验图 2-2　散嵌线圈槽绝缘

实验三　制做绕线模与常用嵌线工具

一、实验目的

1.学会绕线模尺寸的计算方法，并掌握用五合板制做绕线模的工艺。

2.学会用旧绕组选绕线模，以及掌握万能绕线模的使用方法。

3.学会制做常用嵌线工具。

二、实验工具及材料

1.砂轮机、台钻、台钳	各1台
2.钢板尺、圆规、锯弓、木锉	各1把
3.五合板、乳胶、砂布、竹片	若干
4.万能线模	1具

三、绕线模尺寸的计算

制做绕线模，是修好电动机的一个关键环节，模心尺寸必须做得大小适当。如尺寸小了，端部长度偏短，嵌线困难，容易损伤绝缘，甚至嵌不进去。如尺寸太大，端部偏长，浪费导线，绕组电阻及电抗增大，影响电动机性能及通风，甚至与端盖相撞，无法装配，所以线模必须认真计算，精心制做。

线模的形状，一般分为菱形模和弧形模两种，如实验图3-1和3-2所示。

1.模心宽度 τ

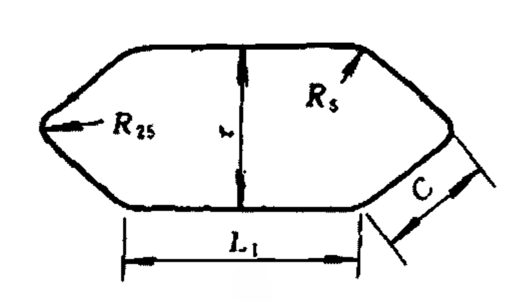
$$\tau=\frac{\pi(D_{i1}+h)}{Z_1}\cdot y=\frac{3.14(\text{定子内径}+\text{槽深})}{\text{槽数}}\times\text{节距}\quad(\text{mm})$$

例：线圈跨距1~6，则 y 取5。

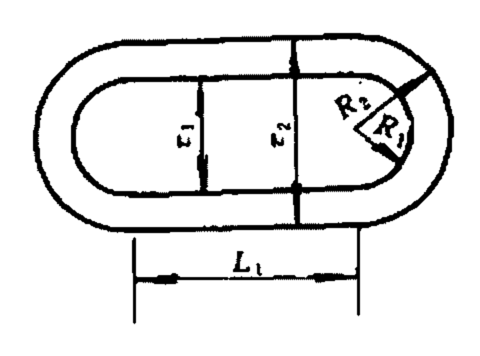
2.模心直线部分长 L_1

$$L_1=L+2b=\text{铁心长度}+2\times\text{端部伸出长度}\quad(\text{mm})$$

b 值见实验表3-1



实验图 3-1 双层叠绕线模
（菱形）



实验图 3-2 同心式(链式)线模
（弧形）

3.(1)菱形模端部长 C

$$C=\frac{\tau}{M}=\frac{\text{模心宽度}}{\text{端部系数}}\quad(\text{mm})$$

M 值见实验表 3-2

(2)同心模半径 R

$$R=\frac{\tau}{2}+(5\sim8)\quad(\text{mm})$$

4.模心厚度 δ

$$\delta=\frac{2r+b_{s1}}{2}\quad(\text{mm})$$

式中 r 为槽底圆弧部分半径，可按电机槽形直接量取，b_{s1} 为槽口尺寸。

实验表 3-1　机座号与 b 值

机座号	4#	5#、6#	7#、8#	9#
b 值/mm	10~15	15	20	25

实验表 3-2　M 与极数的关系

极数	2	4	6	8	10
M	1.5	1.55	1.6	1.6	1.6

模心尺寸也可以用一根漆包线在铁心上直接测定。宽度 τ 在线圈所跨的两槽中心线上量得，长度 L_1 为铁心长加 20~30 毫米(功率大极数少者取大值)，端部 C 取宽度的 0.6 倍左右，同心模半径 $R\approx0.6\tau$。

若长期从事修理工作，由于电机种类很多，需准备很多各类型

的绕线模，不但费工费料，而且影响进度，则可购买万能绕线模解决这个矛盾。使用时只需调节模心长度，使模心周长与所需周长相等即可。

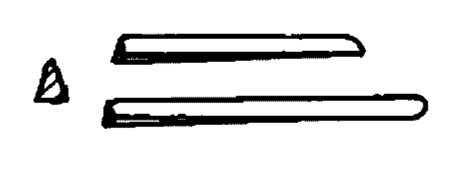
四、嵌线工具介绍

1.划线板

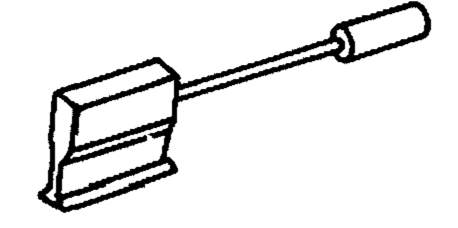
划线板是在嵌线圈时将导线划进铁心槽内，同时将已嵌进铁心槽的导线划直理顺的工具。划线板通常用楠竹、胶绸板、不锈钢等在砂轮上磨制而成。长约 15～20cm，宽约 1～1.5cm，厚约 0.3cm，前端略呈现尖形，一边偏薄，表面光滑，如实验图 3-3 所示。

2.压线板(压脚)

压脚的作用有二，一是把已嵌进铁心槽的导线压紧使其平整的专用工具；二是用来包紧、压平槽绝缘，让槽楔顺利插入的专用工具。用黄铜或不锈钢制成。其尺寸可根据铁心槽的宽度制成不同的规格，形状如实验图 3-4 所示(一般需要购买)。



实验图 3-3　划线板



实验图 3-4　压线板

3.弯剪

弯剪是在一槽线嵌完以后，用来剪去槽绝缘的专用工具。多采用不锈钢手术剪，形状如实验图 3-5 所示。

4.刮线刀

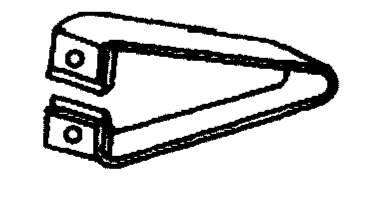
刮线刀用来刮掉将要焊接的线头上的绝缘层，它的刀片可用铅笔刀的刀片，刀架用薄铁皮制成，将刀片用螺钉紧固在刀架上，外形如实验图 3-6 所示(也可用断锯条的断面部分替代)。

五、实验内容及步骤

1.计算模心尺寸



实验图 3-5　弯剪



实验图 3-6　刮线刀

测铁心尺寸，计算绕线模尺寸，填入实验表 3-3 中。

实验表 3-3　计算模心尺寸记录

定子内径 D_{i1}/mm	铁心长度 L/mm	槽深 h/mm	槽数 Z_1	节距 y

自制模心尺寸

模心宽度 τ/mm	直线部分长 L_1/mm	端部长 C/mm	端部半径 R/mm	模心厚度 δ/mm	材料

2. 画出模心图形

用 1:1 的比例画出所计算的模心尺寸图形，并用所留旧绕组校正。

3. 用五合板做模心

(1)先用铅笔将计算的模心尺寸画在五合板上，用钢锯沿线外 1～2mm 处锯下，再用砂轮机或砂布打磨光滑。

(2)用所留旧绕组校正，或用旧漆包线在模心上绕几匝取下，嵌入槽内，看是否合适(请教师看)。

4. 做模心夹板

夹板尺寸比模心尺寸一周大 1.5～2cm。

5. 成模

(1)将夹板，模心按同心式位置放好，并夹紧，用 10mm 钻头中央钻孔，而后将模心(僻过轴心处 1.5～2cm)倾斜锯开，用乳胶将半边粘在上夹板上，半边粘在下夹板上，(以便绕成的线圈容易脱模)，粘好后压紧，24 小时后即可使用。

(2)线模做好后,夹在台钳上(或在绕线机轴上)锯出引线槽和扎线槽。

6.制划线板

在老师的指导下,用厚3~4mm的竹片,照实验图3-3的尺寸,用砂轮、锯弓、电工刀、砂布做划线板。

7.制做槽楔

槽楔是用来锁紧槽内导线,防止绝缘及导线松动的。用厚竹片制成,照拆旧电机槽楔样制做(或购买)。

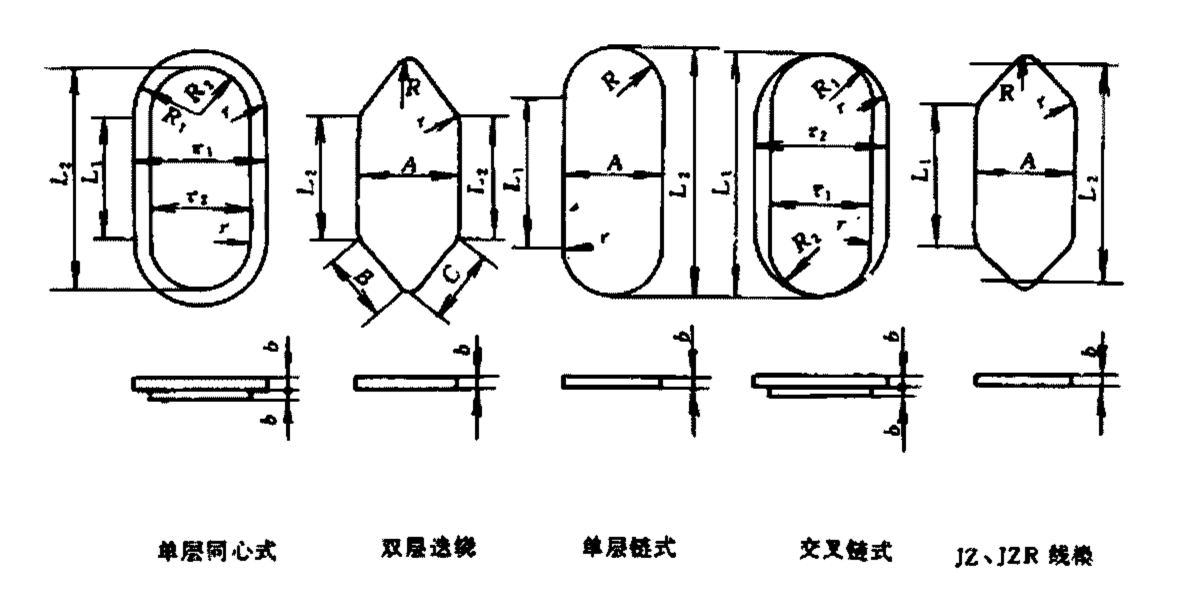
六、实验报告要求

1.实验目的。

2.测量所拆电机铁心尺寸,并计算绕线模模心尺寸,填入实验表3-3中,并按1:1尺寸画出模心尺寸。

3.总结你制模(或选模)过程中的成败之处。

图3-7为绕线模尺寸示意图。



实验图3-4 常用三相异步电动机定子绕组绕线模尺寸示意图

实验四　绕线、嵌线技能训练

一、实验目的

1.学会正确的绕线方法,并掌握要领。

2.根据绘制的绕组展开图嵌线,掌握正确的嵌线工艺。

二、实验仪器及材料

1.绕线机	1台
2.工作台灯	1盏
3.压线板、划线板、弯剪刀、直剪刀、橡皮锤子	各1把
4.漆包线、线绳	若干

三、绕制线圈的方法与注意事项

1.绕制线圈的方法

在绕制线圈前,必须先搞清楚所要绕制的线圈的极相组数及每相的线圈数。根据线模、线圈型式和自己嵌线的熟练程度,可采用三种方法绕线圈。

(1)一次绕一只线圈。

(2)一次绕一个极相组的线圈,这样在接线时,可减少接头并避免线圈反接的错误。

(3)一次把属于一相的所有线圈连续绕成,中间不剪断,把极相组之间的连线放长一些,并套上套管。这样可省去一次接线工序,也减少了焊头,生产厂家常采用此法。

绕线时,把导线放在线盘架上,线模固定在绕线机上,便可以开始绕线,如实验图4-1所示。

2.绕制线圈的注意事项

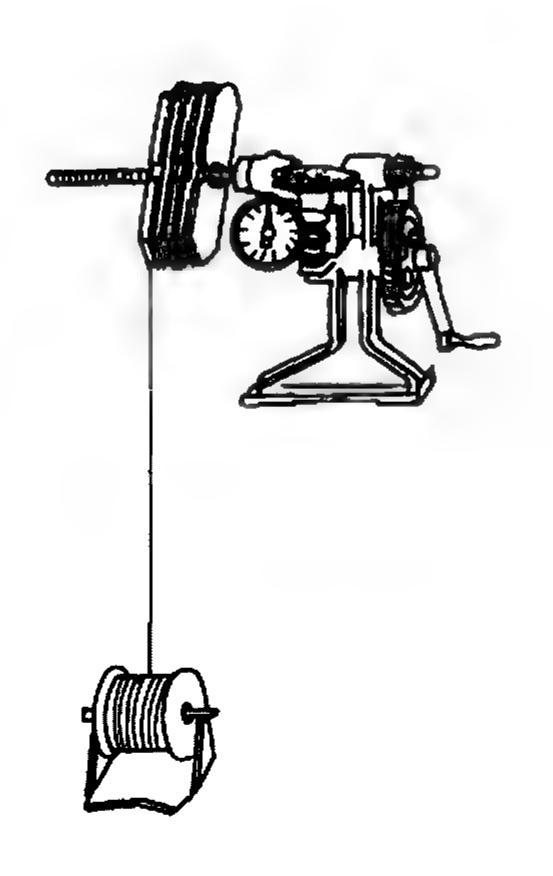
(1)线圈的起头一般挂在右手边,从右向左边绕;同心式线圈从小圈绕起,每极相组的线圈连绕时,过桥线不用套管。

(2)导线应排列整齐,避免交叉混乱,交叉混乱会造成嵌线困

难，并且容易造成匝间绝缘压伤，从而造成匝间短路故障。

(3)导线的直径必须符合原线圈的设计要求。已经修过的电动机，如发现电动机性能上有弱点，可作适当调整。例如一台异步电动机，如果有电动机定子温升过高的现象，而空载电流又不大，可略加粗导线直径，减少一点线圈匝数，这样可以适当降低定子温升，又不会使磁路过于饱和。

(4)线圈的匝数要符合要求，不能有差错。特别是大型电动机，若线匝数有差错，会直接影响电动机三相电流的平衡。



实验图 4-1　散嵌绕组线圈的绕制

(5)绕线时必须保护导线绝缘，不允许有破损，否则会造成匝间短路。在绕制过程中，如果遇到导线不够，需要连接时，它的焊接处应选择在线圈的端部，不准选择在线圈的直线边上，否则导线有可能嵌不进槽中，即使能嵌进槽中，一旦因焊接不良而断路时，也不易修理。

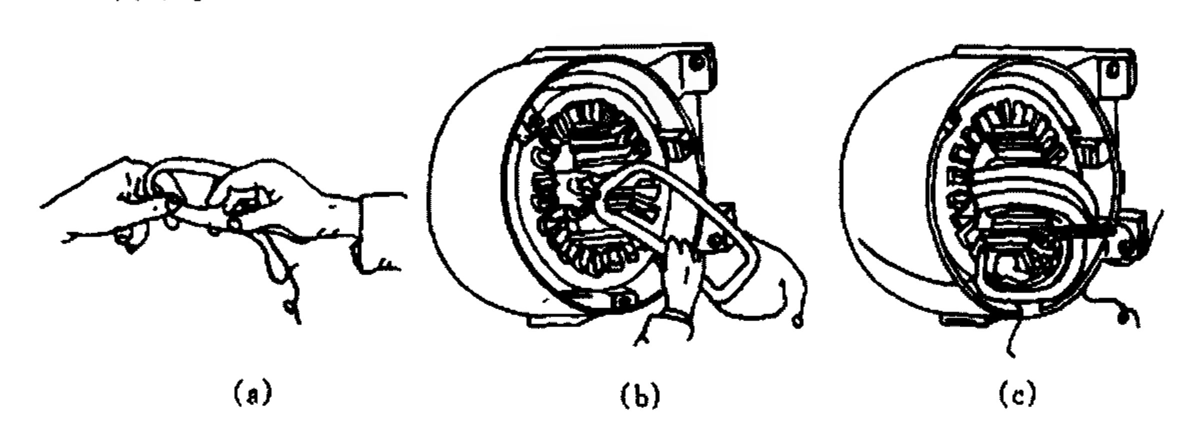
四、嵌线的方法与注意事项

对于电机修理不太熟练的人员，在嵌线前应搞清楚绕组展开图，从而找出嵌线工艺的规律。

1.双层绕组嵌线步骤

(1)确定头尾方向：嵌线时应注意线圈的头尾方向，放错了会无法连接，线圈的头尾都应在定子铁心的同一端(靠近机座接线盒一端)。如遇几只一连的线圈时，为避免线圈之间的过桥线(一个

极相组各线圈之间的连线)交叉搞错,线圈在进槽之前放在定子外时,应将头尾一端朝向定子,逐一调头进槽。其嵌线步骤如实验图4-2所示。



实验图 4-2 散嵌绕组的嵌线步骤

(2)捏扁嵌线:线圈进槽前先用右手把要嵌的一条线圈边捏扁,捏时还要用左手捏住线圈的一端向相反方向扭转〔图 4-2(a)〕,使线圈的槽外部分略带扭纹形。线圈边捏扁后放到槽口的槽绝缘中间,然后左手捏住线圈朝里拉入槽内〔图 4-2(b)〕。左手一边拉,右手一边捏扁,一般,如线圈边捏得好,一次即可把大部分导线拉入槽内,剩余少数导线可用划线板划入槽内,在嵌线过程中,应小心谨慎用力适当,不损伤导线的绝缘。导线进槽勿使导线交叉,如上述线圈槽外部分略带扭形,但槽内部分必须整齐平行,否则不但不易把导线全部嵌入,而且还会造成导线相擦损伤绝缘。嵌线时,要注意槽内绝缘是否偏到一侧,要防止铁心露出与导线相碰,这样易产生接地故障。

(3)保护好未嵌线圈边:嵌好一个线圈的一条线圈边后,另一条边暂时还不能落槽,要放在槽口上面,这时应在线圈边下面垫一张绝缘纸,以免擦伤导线绝缘。

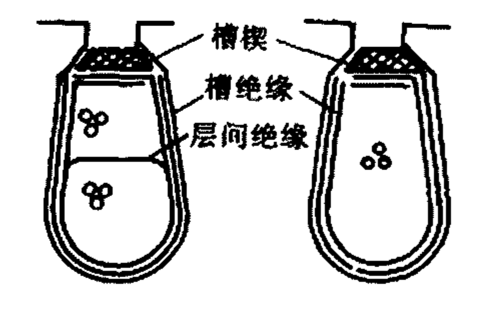
(4)封好槽口:用划线板理直槽内导线,用弯剪刀剪去多余槽绝缘,然后用划线板将槽绝缘两边折拢盖住导线,用压脚来回压平,再把槽楔打入槽内压紧。

(5)选定嵌绕方向:第一个线圈处理好后,选定嵌线方向,按上述步骤把线圈依次嵌入槽内。顺序是按线圈落槽边方向逐槽嵌入,暂时不能放进槽的上层边,可暂时搁起或吊起;当嵌到距第一只线圈进槽边正好一个节距时,后嵌的这只线圈的上层边正好落在第一只线圈的下层边上(双层绕组),先将层间绝缘放进槽内,就可将这只线圈的上层边放入槽的上层。

(6)一边整形,一边嵌线:第一个槽封好后,为了使所有线圈顺利嵌入,要一边整形,一边嵌线。整形时用垫打板压住槽口转角处,用锤子轻轻敲打,为下一步嵌放上层线圈作好准备。待全部线圈嵌完后,就可把最初几只未进槽的上层边嵌入槽内。

2.单层绕组嵌线步骤

如果是单层绕组,每个槽内只嵌一条线圈边,每嵌好一组(一连)线圈边,应空开一定槽数再嵌第二组。如果每组只有一只线圈,那么,每嵌一条线圈边就应空一槽;其方法同上,只是在嵌到某一线圈,其节距正好距第一只线圈槽的前一槽为一个节距时,可将这个线圈的两个边同时放入槽中,最后可把最初几只未进槽的边嵌入槽内。单层绕组及双层绕组的槽内绝缘示意图,如实验图 4-3 所示。



实验图 4-3 单双层绕组槽内绝缘

五、实验内容及步骤

1.模拟绕线、嵌线

(1)在老师的指导下,先绕一把旧漆包线,练习绕线圈、扎线圈、取线圈的正确方法;按上述介绍的嵌线方法,将线圈的两条边嵌入槽内,观察大小是否合适,学习划线板、压线板的使用。

(2)如线圈大小不合适,可在模心上增减白布带的层数来调节线圈大小,直到合适为止。

2.绕制线圈

按上述介绍的绕线方法和注意事项，将所需线圈绕完包装好，切勿损坏绝缘。绕线时不要用力过猛，以防拉断漆包线；不要在绕线机和线轴之间来回走动，谨防碰断漆包线。

3. 嵌线

按绕组的型式，参照附录，找出嵌线规律，按上述介绍的嵌线方法，一一将线圈嵌入槽内，直至嵌完。

六、实验报告要求

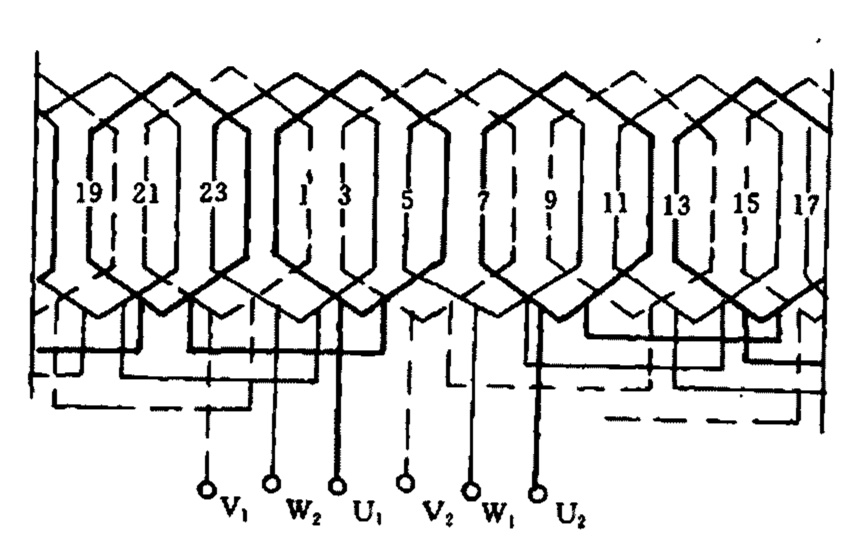
1. 实验目的。
2. 说明你重绕的是什么电机，采用哪种嵌线方法。
3. 在绕线和嵌线过程中，你遇到什么问题，是如何解决的。
4. 谈一谈绕线、嵌线体会。

附录：典型绕组嵌线方法

一、单层链式绕组（下一槽 空一槽）

小型三相电动机（11kW 以下）当每极每相槽数 $q=2$ 时，定子绕组多采用单层链式绕组。

以 $Z_1=24$、$2p=4$、$q=2$、$y=1\sim6$ 为例，定子绕组的展开图如实验图 4-4 所示，嵌线步骤为：



实验图 4-4　24 槽 4 极散嵌绕组展开图

1. 先确定引出线的位置，最好在机座出线口的两边，所以嵌第一个槽时，应考虑槽的位置。

2. 先嵌第一相第一个线圈的下层边（因它的端边压在下层，故称下层边），封好槽（即插入竹楔），上层边暂不嵌（这种线圈称吊把线圈）。

3. 空一槽，嵌第二相第一个线圈的下层边，封好槽；上层边也暂不嵌（因 $q=2$，所以吊把线圈有2个）。

4. 再空一槽，嵌第三相的第一个线圈的下层边，封好槽；上层边按 $y=1\sim6$ 的规定嵌入槽内，封好槽，垫好相间绝缘。

5. 再空一槽，嵌第一相的第二个线圈的下层边，封好槽；上层边按 $y=1\sim6$ 规定嵌入槽内，封好槽，垫好相间绝缘。这样继续按第二相、第三相空一槽下一槽的方法，轮流将第一、二、三相的线圈嵌完，最后把第一相和第二相的上层（吊把）嵌入，整个绕组就全部嵌完了。

二、单层交叉式绕组（下两槽空一槽，下一槽空两槽）

小型三相电动机（11kW 以下），当 $q=3$ 时，定子绕组采用单层交叉式绕组。

以 $Z_1=36$、$2p=4$、$q=3$、$y=\begin{cases}1\sim8/1\\1\sim9/2\end{cases}$为例，定子绕组的展开图如实验图4-5所示，嵌线步骤为：

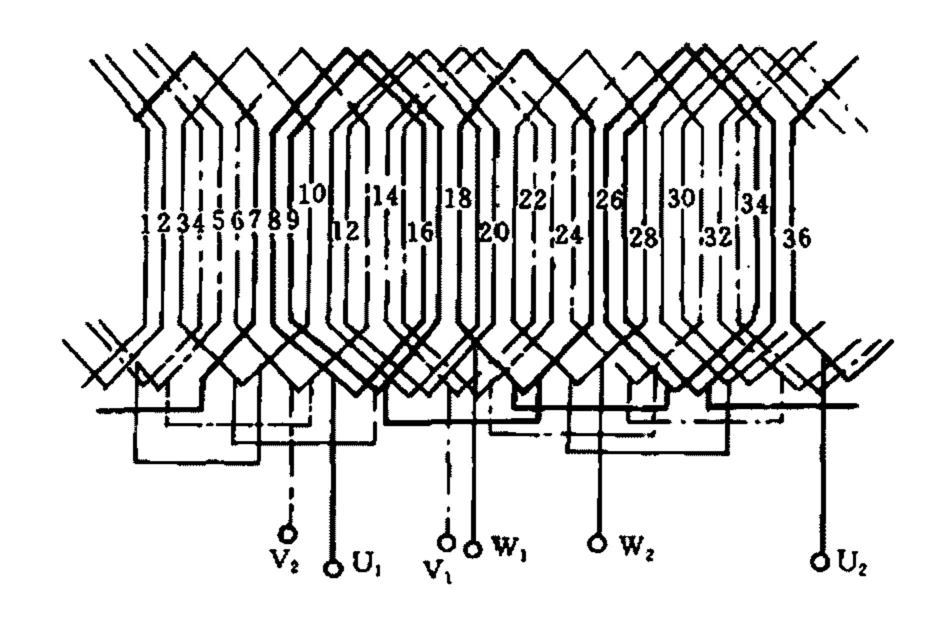
1. 选好第一槽的位置。

2. 先嵌第一相的两个大线圈的下层边，封好槽，两个上层边暂不嵌（吊把）。

3. 空一槽，嵌第二相小线圈（单圈）的下层边，上层边也暂不嵌。

4. 再空两个槽，嵌第三相的两个大线圈的下层边，封好槽，并按 $y=1\sim9$、$y=2\sim10$ 的要求，把上层边嵌入。

5. 再空一槽，嵌第一相小线圈下层边，然后按小线圈的节距 $y=1\sim8$，把上层边嵌入槽内。



实验图 4-5　36 槽 4 极交叉式绕组展开图

6. 再空两槽，嵌第二相的两个大线圈。再空一槽，嵌第三相的小线圈，按上述方法，把第一、二、三相线圈嵌入槽内，最后把吊把线圈嵌入槽内。

三、单层同心式绕组(下两槽　空两槽)

小型电动机(11kW 以下)当 $q = 4$ 时，定子绕组可采用单层同心式绕组。

以 $Z_1 = 24$、$2p = 2$、$q = 4$、$y = \begin{cases} 1 \sim 12 \\ 2 \sim 11 \end{cases}$为例，定子绕组展开图如实验图 4-6 所示，嵌线步骤为：

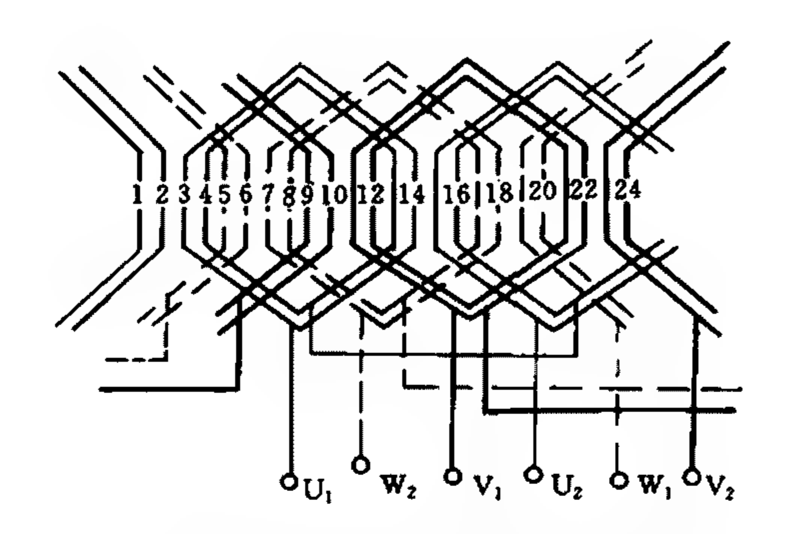
1. 选好第一槽的位置，先嵌第一相小线圈的下层边，再嵌大线圈的下层边，两个上层边不嵌。

2. 空两个槽，嵌第二相线圈的小圈和大圈的下层边，上层边也暂不嵌。

3. 再空两槽，嵌第三相线圈的小圈和大圈的下层边，并按节距 $y = 2 \sim 11$ 和 $y = 1 \sim 12$，把两个上层边嵌入槽内。

4. 按空两个槽嵌两个槽的方法，按顺序把其余的线圈嵌完，最后把第一、二相吊把线圈的上层边嵌入槽内。

四、双层叠绕组



实验图4-6 24槽2极同心式链形绕组展开图

参照本实验散嵌绕组方法进行。

实验五 隔相、接线与端部绑扎

一、实验目的

1. 掌握绕组接线前应检测的内容和方法，并按绕组展开图和圆形接线图对换修后的绕组进行正确接线。

2. 学会垫相间绝缘（隔相）、敲喇叭口以及线圈端部绑扎。

3. 学会正确使用摇表。

二、实验工具及材料

1. 摇表、万用表	各1块
2. 裁纸刀、电烙铁、弯剪、直剪、小锤子	各1把
3. 彩色套管、引出线、线绳	若干

三、隔相、接线、绑扎方法简介

1. 隔相（垫相间绝缘）

"隔相"是使不同相的相邻两组线圈端部相互绝缘。为保证三相绕组相间的绝缘，在线圈组或极相组间必需隔一层隔相纸。一般采用0.25mm厚的薄膜青壳纸，大功率电动机用一层薄膜青壳纸和一层黄壳绝缘纸，中间再夹一层黄蜡布。隔相纸的形状、尺寸根据线圈端部的形状大小而定，一般双层绕组隔相纸形状为半圆环或半棱环，单层绕组隔相纸的形状近乎半圆环的一半。

隔相纸是在线圈全部嵌好后插进，可将电动机竖直定子腔朝天，以端盖螺丝全部旋好作为竖放支重点，既便于操作，又防压坏线圈。插隔相纸前先用划线片插入不同相的两个线圈间稍微撬开些，然后将隔相纸插进缝里，一直插到底。必须注意有否导线漏隔到另一相线圈边。一端隔相纸隔好后，可将电动机定子翻身再隔另一端。大功率电动机导线比较粗硬，撬开隔相比较困难，可采用每嵌好一组线圈就垫隔相纸。

2. 接线

线圈嵌完后，要进行端部接线，使之成为一个完整的三相（单相）绕组，在进行端部接线前，应检查以下内容：

单相电机：用万用表测主绕组、副绕组各单把线圈冷态直流电阻值是否一样，若阻值相差较大，应查明原因、排除故障；再用摇表检查各个线圈之间、各线圈对铁心的绝缘是否良好（应在 100MΩ 以上），如绝缘不良，也应查明原因，排除故障后方可接线。

三相电机：用万用表测每把线是否通，用摇表测每把线对铁心的绝缘和相邻线圈之间的绝缘电阻是否良好（应在 100MΩ 以上），若有问题，查明原因排除后方可接线。

(1)极相组的连接： 极相组内线圈的连接（也叫小连），必须保证线圈中的电流方向相同，所以这些线圈应采用“正串”接法，即头接尾、尾接头。

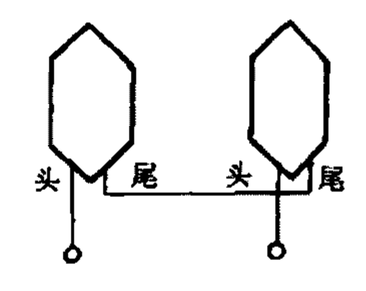
(2)相绕组的连接： 属于一相各极相组的连接（也叫大连），其方法有两种。

①显极连接法： 在三相定子绕组中，每个极相组之间互差 120°电角度，如任意确定一个极相组为 U 相中的第一个极相组，这个极相组与相邻的第二个极相组是互差 120°电角度，与相邻的第三个极相组是互差 240°电角度，而与第四个极相组是互差 360°电角度，即等于零度，由此看出，第一个极相组与第四个极相组在相位关系上是相同的，因此，1～4、4～7、7～10……是一相绕组。

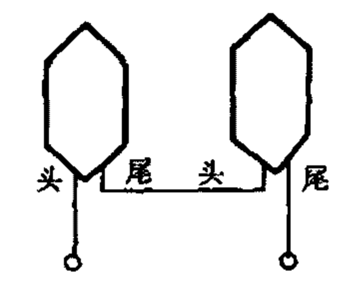
把极相组按照 1～4 的连接关系，彼此连接起来，并使相邻的两个极相组里通过方向相反的电流。其接法采用头接头，尾接尾的方法（反串）。这种产生反极性磁极的连接叫三相绕组的显极连接法，如实验图 5-1 所示。

②隐极连接法： 把极相组之间相互连接起来，并使它们所产生的磁性全是同性磁极的连接，叫三相绕相的隐极连接法。

极相组之间按 1～4 的连接关系，连接方法头接尾，尾接头（正串），如实验图 5-2 所示。



实验图 5-1 绕组的显极连接

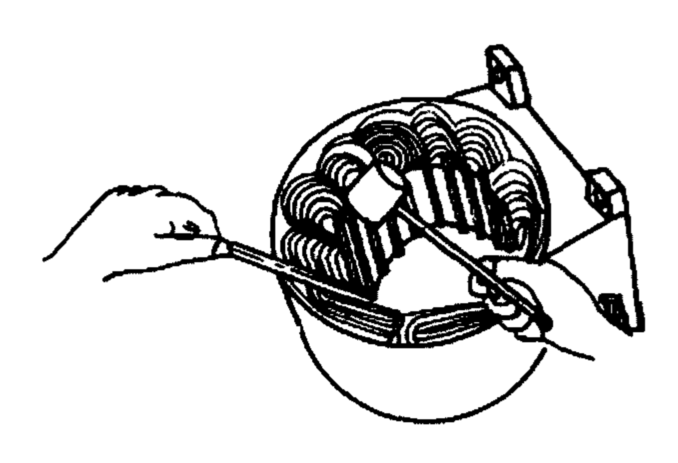


实验图 5-2 绕组的隐极连接

3. 敲喇叭口和绑扎

接完线后，必须进行端部敲喇叭口和绑扎。其目的是，增加绕组端部强度，并固定连接线和引线。

喇叭口是指绕组两端部伸出槽端予以定型成弯弧形的术语。它的作用主要避免碰靠两端盖或与转子相擦。定型时可用毛竹片或木棍覆垫在绕组端部，以小铁锤敲击使其向外缘如抛物线弧形张开成喇叭口。如实验图 5-3 所示，成型后，应重复检查隔相纸有否因敲击时移动露出，或发生导线碰线损坏。检查无误完好即可用纱带或蜡线将所有跨接线和引出端线连同接头套管均紧绑扎固定在喇叭口上。



实验图 5-3 散嵌绕组端部的整形

四、实验内容及步骤

1. 隔相

对绕组端部初步整形，按上述方法、材料、尺寸垫相间绝缘。

2. 检查所嵌绕组

用电桥或万用表测量每把线直流电阻，看各相是否相等；用摇表测绝缘是否良好(应在 100MΩ 以上)。如有问题，请老师协助处理。

3. 连接一相绕组

按绕组展开图和圆形接线图将一相绕组简单搭在一起，仔细检查(并请老师检查)，在确认无误情况下，可进行接头焊接。为了使线圈组间的两根跨线能服贴地包扎在线圈上，在焊接前需把所要焊接的跨线弯贴在线圈的弯头上，然后留适当的长度把线头剪断，套上套管，焊时用刮线刀或断锯条将线头的绝缘层刮干净。为了便于检查接线，可将每相穿不同颜色的套管区分开来。

4. 其它相接线

单相电机主、副绕组头与头之间要互差 90°电角度；三相电机 U、V、W 三相绕组头与头之间要互差 120°电角度，根据这个原则，连接其它相绕组。各相引出线最好用不同颜色区分开来，并迅速做好记录，或迅速接至接线柱上，以便搞错。

5. 整形、绑扎、敲喇叭口

绑扎时应注意相间绝缘位置不要变动，绑扎完后要检查是否有相间绕组之间相碰现象，最后把绕组外圆敲平直，再把内圆敲成内小口大的喇叭口形，敲时用力要轻巧均匀，敲成的喇叭口要注意不能碰及端盖。

五、实验报告要求

1. 实验目的。

2. 画出重绕电机绕组展开图和圆形接线图。

3. 总结隔相、接线、绑扎、敲喇叭口的体会。

附录一：摇表的使用

摇表又叫兆欧表、绝缘电阻测定仪，是一种测量电气设备及电路绝缘电阻的仪表。

一、摇表的选用

摇表的常用规格有 250V、500V、1000V、2500V 和 5000V 等挡级。选用摇表主要考虑它的输出电压及其测量范围。一般高压电气设备和电路需要使用电压高的摇表，而低压电器设备和电路使用电压低一些的就足够了。通常 500V 以下的电气设备和线路选用 500～1000V 的摇表，而瓷瓶、母线、刀闸等应选用 2500V 以上的

摇表。

摇表测量范围的选择原则是:要使测量范围适应被测绝缘电阻的数值,否则将发生较大的测量误差。例如有些摇表的读数不是从 0 开始,而是从 1MΩ 或 2MΩ 开始,就不适合用它去测量潮湿环境中电器设备和电路的绝缘电阻,因为这时被测电器设备和线路的绝缘电阻有可能小于 1MΩ 或 2MΩ,容易误将它的绝缘电阻判断为 0。下面我们介绍一些选择摇表的资料,如实验表 5-1 所示,供读者在选用时参考。

实验表 5-1　　摇表选择举例

被测对象	被测设备或 线路额定电压/V	选用的摇表/V
线圈的绝缘电阻	500V 以下	500
线圈的绝缘电阻	500V 以上	1000
电机绕组绝缘电阻	380V 以下	1000
变压器、电机绕组绝缘电阻	500V 以上	1000~2500
电器设备和电路绝缘	500V 以下	500~1000
电器设备和电路绝缘	500V 以上	2500
瓷瓶、母线、刀闸		2500~5000

二、摇表的使用方法

1. 使用前的准备工作

(1)检查摇表是否正常工作

将摇表水平放置,空摇摇表,指针应该指到∞处,再慢慢摇动手柄,使 L 和 E 两接线柱输出线瞬时短接,指针应迅速指零。注意在摇动手柄时不得让 L 和 E 短接时间过长,否则将损坏摇表。

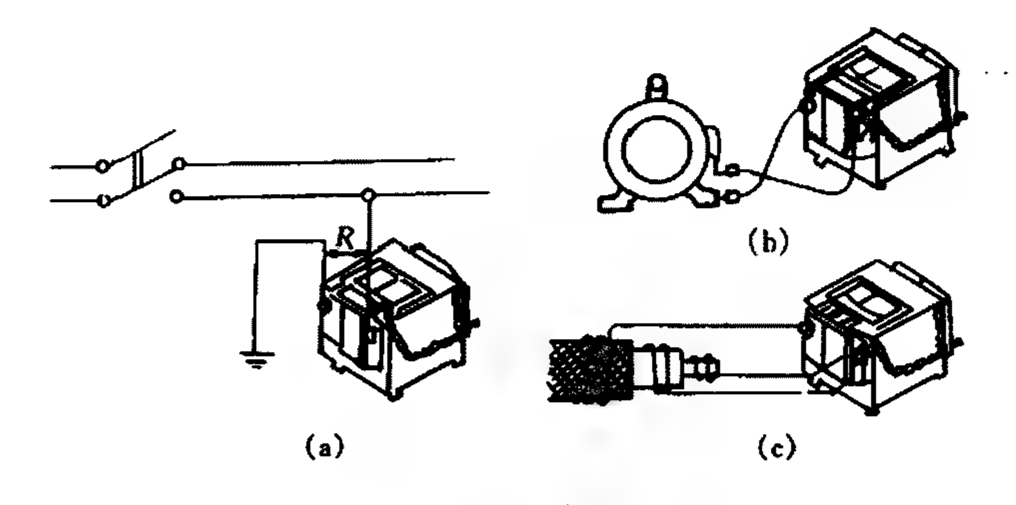
(2)检测被测电气设备和电路,看是否已全部切断电源。绝对不允许设备和线路带电时用摇表去测量。

(3)测量前应对设备和线路先进行放电 2～3min，以免设备或线路的电容放电危及人身安全和损坏摇表，这样还可以减小测量误差，同时注意将被测试点擦试干净。

2. 正确使用

(1)摇表必须水平放置于平稳牢固的地方，以免在摇动时因抖动和倾斜产生测量误差。

(2)接线必须正确无误，摇表有三个接线柱，“E”(接地)、“L”(线路)和“G”(保护环或叫屏蔽端子)，保护环的作用是消除表壳表面“L”与“E”接线柱间的漏电和被测绝缘物表面漏电的影响。在测量电气设备的对地绝缘电阻时，“L”用单根导线接设备的待测部位，“E”接设备外壳；如测电气设备内两绕组之间的绝缘电阻时，将“L”和“E”分别接两绕组的接线端；当测量电缆的绝缘时，为消除因表面漏电产生的误差，“L”接线心，“E”接外壳，“G”接线心与外壳之间的绝缘层，见实验图 5-4。



实验图 5-4　摇表的接线

“L”、“E”、“G”与被测物的连接线必须用单根线，绝缘良好，不得绞合，表面不得与被测物体接触。

(3)摇动手柄的转速要均匀，一般规定为 120r/min，允许有±20%的变化，最多不应超过 25%，通常都要摇动一分钟后，待指针稳定下来再读数。如被测电路中有电容时，先持续摇动一段时间，

让摇表对电容充电，指针稳定后再读数，测完后先拆去接线，再停止摇动。若测量中发现指针指零，应立即停止摇动手柄。

(4)测量完毕，应对设备充分放电，否则容易引起触电事故。

(5)禁止在雷电时或附近有高压导体的设备上测量绝缘。

(6)摇表未停止转动以前，切勿用手去触及设备的测量部分或摇表接线柱。拆线时也不可直接去触及引线的裸露部分。

(7)摇表应定期校验。校验方法是直接测量有确定值的标准电阻，检查它测量误差是否在允许范围以内。

注意：摇表的转轴上没有复位弹簧，所以不使用时，指针停留在任一位置，这时的读数没有意义。

附录二：绕组接线简化圆图

1. 圆图的画法

在电机修理工作时，为了清楚地看出各极相组之间的连接方式，常采用一种简化的圆形接线图。画圆形接线图时，不管每极每相有几个槽，或一个极相组内有几个线圈，每个极相组都用一个带箭头的圆弧短线(或小矩形)来表示，箭头表示电流的方向。

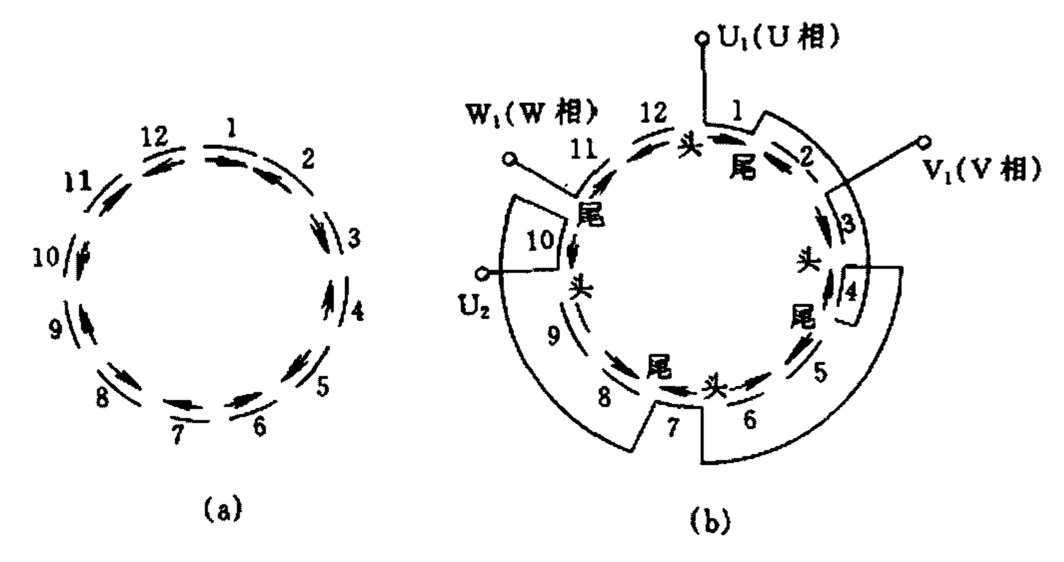
(1)圆弧线段数量的确定：圆弧线段的数量就是一台电动机的极相组数(显极接法)。如三相四极的圆弧线段数为相数乘极数，即 $3\times4=12$；三相六极为 $3\times6=18$。其线段数量等于相数乘以极数。

(2)依次给线段编号，三相四极电动机，线段数为 12 个，经相序为 U、W、V、U……的次序排号即 1 为 U 相、2 为 W 相、3 为 V 相、4 为 U 相、5 为 W 相……(U、V、W 相号可不标在图上)。这样 1、4、7、10 为 U 相，2、5、8、11 为 W 相，3、6、9、12 为 V 相。

(3)三相绕组的始端相隔 120°电角度。如果以极相组 1 的始端为 U 相的始端 U_1，则极相组 3 的始端为 V 相的始端 V_1，极相组 5 的始端为 W 相的始端 W_1。

(4)按"反串"的方法把 U 相 4 个极相组连接起来，如实验图 5-5 所示。然后按此规律把 V 相、W 相连接起来，即成为一个完整的

三相绕组。



实验图 5-5　三相四极圆形接线图 U 相的画法

2. 并联支路的连接

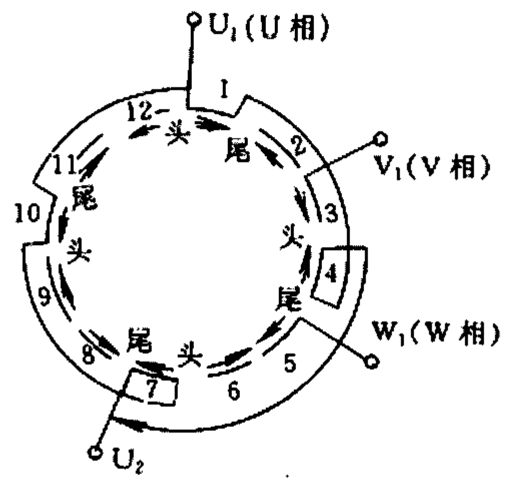
极相组间并联的条件是绕组感应电动势的大小及相位都要相同,并联支路中绕组数相等。并联支路的接法常用的有两种。

(1)短跳接法: 以 36 槽四极电动机 U 相为例,说明两路并联($a=2$)的接法。采用短跳法时,由相邻的同相极相组串联成为同一支路,如实验图 5-6 所示。把 U 相中 1~4 串联成一路,7~10 串联成另一路,然后两路并联。

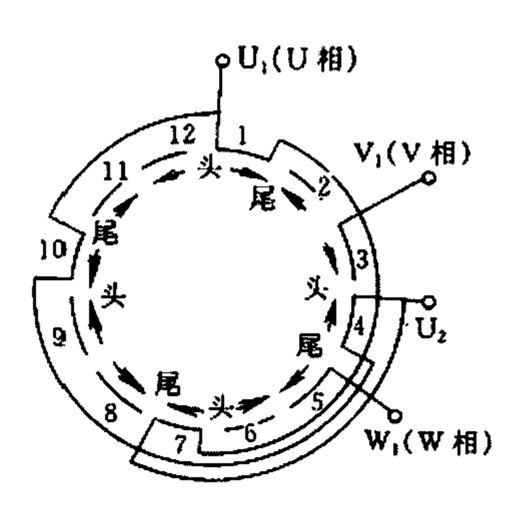
(2)长跳接法: 由非相邻的极相组串联成同一路。如实验图 5-7 所示,U 相中把极相组 1~7 串联成一路,4~10 串联成另一路,按这种接法时,极相组处于同极性下,所以先按"头接尾"的原则串联,再二路并联。

在一般多路情况下,最好采用短跳接法,既接线短,又省料。但是,要改变极数或并联支路数时,为了避免引起支路内电动势不等,就得采用长跳接法。

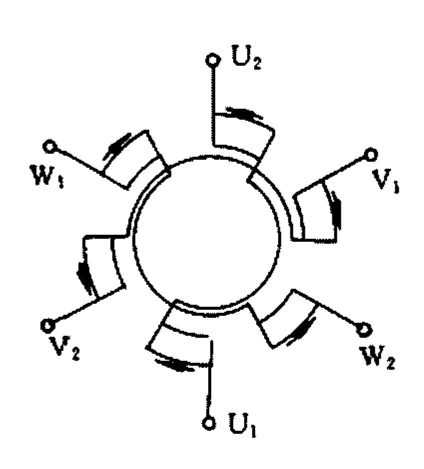
下面给出部分绕组圆形接线图实例,如实验图 5-8~5-19 所示,供使用者参考。



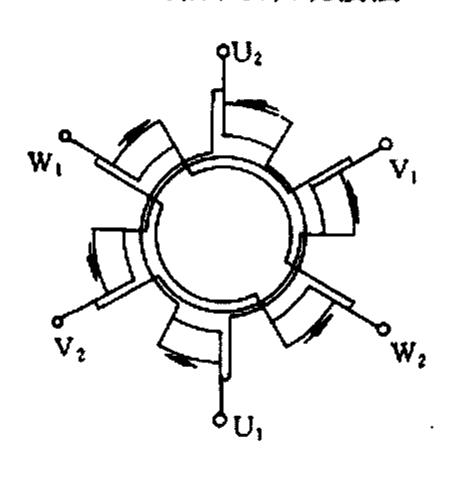
实验图 5-6 三相四极 U 相两路并联短跳接法



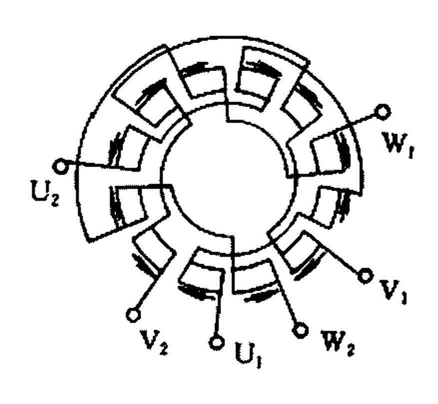
实验图 5-7 三相四极 U 相两路并联长跳接法



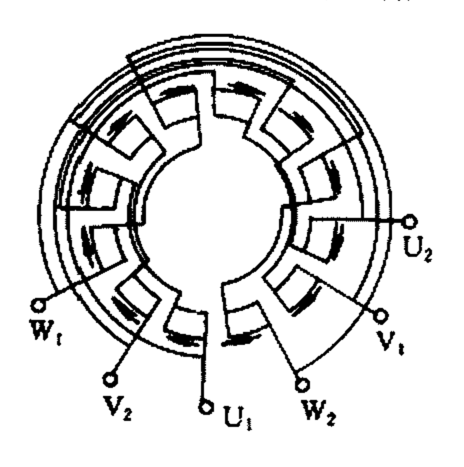
实验图 5-8 三相二极一路



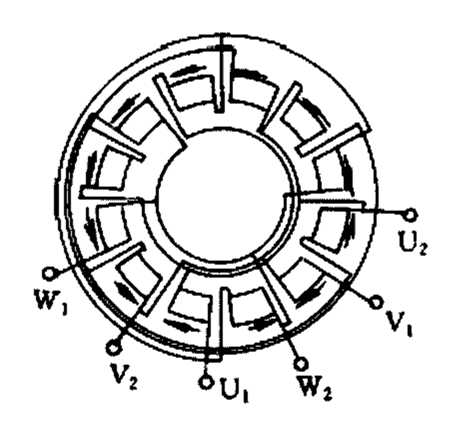
实验图 5-9 三相二极二路



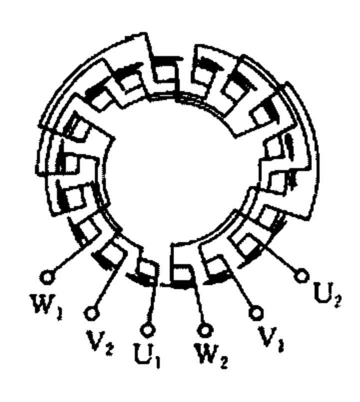
实验图 5-10 三相四极一路



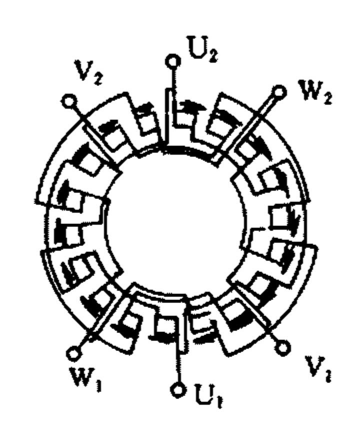
实验图 5-11 三相四极二路



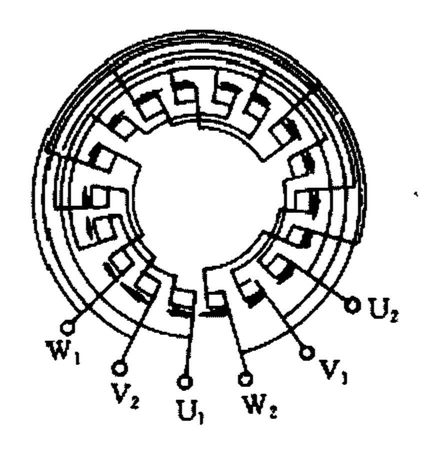
实验图 5-12　三相四极四路



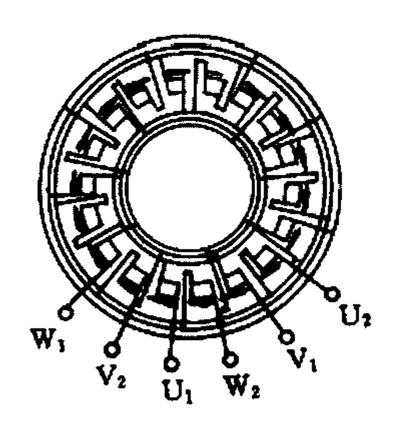
实验图 5-13　三相六极一路



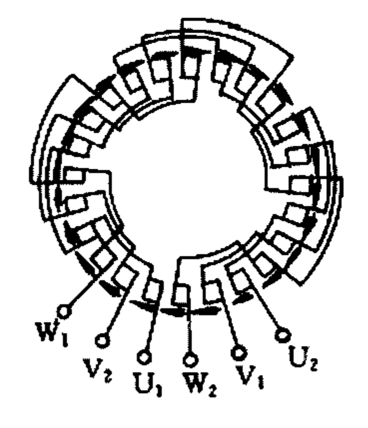
实验图 5-14　三相六极二路



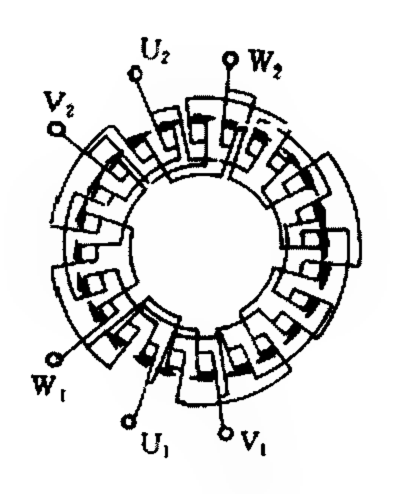
实验图 5-15　三相六极三路



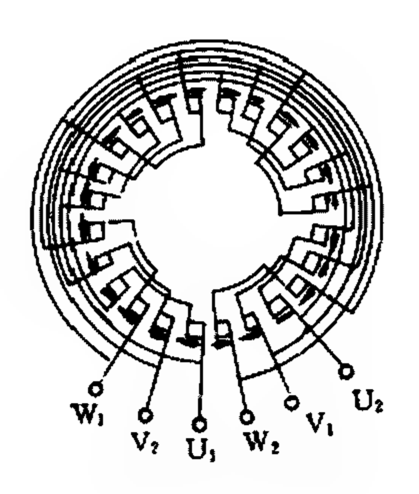
实验图 5-16　三相六极六路



实验图 5-17　三相八极一路



实验图 5-18　三相八极二路



实验图 5-19　三相八极四路

实验六　初步测试　组装试转

一、实验目的

1. 学会对换修完的新绕组进行初步检测。

2. 掌握组装试转程序。

二、实验仪器及工具

1. 电桥　摇表　万用表　钳形电流表　　　　各1块

2. 板手　锤子　改锥　手钳　　　　各1把

三、初测内容与故障分析排除

电动机绕组经嵌线、接线、焊接并接好引出线后，应进行下列初步校验，并填写实验表6-1、6-2，证明无误才可进行组装试转。如查出问题，应立即查清排除。

1. 测量绕组绝缘电阻

测量各相绕组的对地绝缘电阻和各相绕组之间的相间绝缘电阻。新嵌绕组的绝缘电阻应在100MΩ以上。

(1)如对地绝缘不良，其原因一般是由于槽绝缘纸布有损坏或没有伸出槽端，或没有包覆好导线，以致线有碰壳(接地)现象。如在接线前先测量一次更为妥当，否则须打开绑扎线分段检查找出故障点予以修复。

(2)如相间绝缘不良，其原因一般是由于隔相不良，隔相纸没有插到底或偏向，或有个别几根导线漏隔，或隔相纸插错位置。如果查不出，可在测量的同时试用划线片插入不同相的相邻两个线圈之间来回拨动，观察兆欧表的指针有否变动。逐相检查，逐点解决。

2. 测量绕组直流电阻

测量绕组电阻主要检验三相绕组的直流电阻是否平衡和有否断路。

三相绕组电阻不平衡有三种可能：

(1)接线有错误，可能有部分线圈没有接入电路。可检查错漏故障部分拆开跨接线重接。

(2)可能导线绝缘层损坏，或有匝间短路。可用短路探测器查出短路故障部分修复。如短路故障点在线圈端部，则找出故障部位使导线分开，涂上清漆包覆绝缘纸布即可。如果属槽内导线绝缘层破损，则必须拉出故障导线，涂以清漆加垫绝缘纸布重嵌。故障情况严重的必须重绕线圈。

(3)线圈匝数有误差。一般相差不会太多，故影响不大。如误差太多，则应予以纠正。

绕组有断路故障，可采用分段割剖检查方法找到故障点进行焊接修复。

实验表 6-1　单相电机初测记录

直流电阻/Ω		绝缘电阻/MΩ		
主绕组	副绕组	主对地	副对地	主对副

注：用万表测直流电阻

实验表 6-2　三相电机初测记录

直流电阻/Ω			不平衡度		
U 相	V 相	W 相	$\frac{R_{max}-R_{min}}{R_{av}}100\%$		
绝缘电阻/MΩ					
U 对地	V 对地	W 对地	U 对 V	V 对 W	W 对 U

注：用电桥测直流电阻

用电桥测每相直流电阻，三相电阻不平衡度不得超过 5%即

$$\frac{R_{max}-R_{min}}{R_{av}}100\%<5\% \quad R_{平均}=\frac{R_U+R_V+R_W}{3}$$

四、组装试车程序

1.组装

(1)初测合格后，即可把电动机的所有零部件装配起来，先用手盘试转子轴能否转动，是否灵活，否则应调节两端盖螺丝和瓦盖螺丝，直到转轴灵活转动为止。

(2)转子灵活转动后，从出线端重复检测一次相间绝缘和对地绝缘，防止在组装时喇叭口碰及端盖。如果测出对地绝缘电阻不合格，须将端盖拆卸细心检查故障点，或用木锤把个别变形的喇叭口敲正。也可在喇叭口与端盖可能碰靠的部位间垫一层黄蜡布或薄膜青壳纸予以隔离。直至合格为止。

2.试转

若绝缘良好，可接上电源空载试转。初接电源宜先合闸几秒钟即拉闸，并注意倾听运转声音是否正常，如无特殊异声才可继续合闸空载试车。试车时可能会出现若干故障，一般常见的有转子跳动，或运行时伴有"哆"、"唔"、"吱"等异声。其原因大致多属机械结构上原因；也可能是转子重心偏移轴中心线；也可能个别槽楔端口碰擦转子。此外，三相电源断相为两相运行产生"黄牛叫"异声，是由于三相绕组进线有个别相接触不良或松脱所致，应立即停机检查。

(1)测量三相电流是否平衡。不平衡的原因大致由于：三相电源电压不平衡；绕组中接头有个别接触不良；绕组的嵌线或接线有误，包括绕组个别极性有误；或部分线圈的线径、匝数误差较大；也有可能发生匝间短路。这些原因应属初步校验工作做得不够严格细致的结果。

检查电源电压、电流是否平衡，除用电压表、电流表测量外，可将电流最大的相线与最小的相线对调再测试。如果对调后仍如原状，说明属于电源电压三相不平衡；如果对调后结果相反，这说明

是由于电动机三相绕组不平衡。

判别三相绕组不平衡属匝数有误还是有匝间短路，这可在试车过程中注意电流的变化决定。如试车20分钟，电流表指示不断升高，说明三相绕组有匝间短路；如电流表指示不升高，说明属三相绕组匝数不等引起。匝间短路故障的一相绕组在试车中，绕组温度一定较其它两相高，应立即停车拆检修复。

(2)核对空载电流是否符合规定值。一般各种三相异步电动机的空载电流约为额定电流的20%～50%，过大或过小均属不正常。

电动机试车时空载电流过大的原因有下列几种可能：定转子间气隙超出允许值；转子在转轴上有位移，或定子铁心在机壳里有位移；转轴前后端装倒，或端盖误位；绕组线径比原来大或匝数过少；鼠笼型转子的笼条有断裂等。应视具体情况分析检查。

电动机试车时空载电流过小的原因有下列几种可能：绕组线径比原来小或匝数过多；三相绕组三角形联接误为星形联接；绕组二路并联(双进火)误接成一路串联(单进火)，或多路并联接成少路并联。均应分析原因予以纠正。各种三相异步电动机的空载电流值见实验表6-3。

实验表6-3　电动机空载电流与额定电流百分比

极数 \ 功率	0.125/kW	0.55/kW以下	2.2/kW以下	10/kW以下	55/kW以下	125/kW以下
2	70～95	50～70	40～55	30～45	23～35	18～30
4	80～96	65～85	45～60	35～55	25～40	20～30
6	85～97	70～90	50～65	35～65	30～45	22～33
8	90～98	75～90	50～70	37～70	35～50	25～35

五、实验内容及步骤

1.初测

测量直流电阻和绝缘电阻填初测表。若不合格，按上述方法排除，直到合格为止。

2.组装

初测合格后，按组装程序组装电机，直到转轴灵活。再次测绝缘电阻，合格后，方可试转。

3.试转

通电试转，先合闸几秒拉掉闸，无故障，再次合闸，空载30~50min，测空载电流I_0，计算$I_0/I_N 100\%$与实验表6-3比较，看是否超标。

六、实验报告要求

1.实验目的。

2.填初测表。

3.组装电机时，遇到何问题，你是如何排除的?

实验七　浸漆与烘干

一、实验目的

1. 了解浸漆作用。

2. 掌握小功率电动机浸漆工艺。

二、设备与材料

1. 电热干燥箱　1台

2. 摇表、万用表　各1块

3. 漆盘、漆壶、绝缘漆　1套

三、浸漆烘干的作用与工艺要求

重绕修复的电动机，均要进行浸漆绝缘处理，使绝缘漆浸透到绝缘材料以及导线之间，并在表面形成漆膜，从而提高绕组绝缘质量。

1. 浸漆与烘干的目的

(1)提高绕组的防潮性能：目前使用的槽绝缘，在潮湿的空气中会不同程度地吸收潮气，从而引起绝缘性能变坏。浸漆处理后，绝缘漆将纤维材料的毛细管及缝隙填满，并在表面形成一层光滑的漆膜，使水分和潮气不易进入，从而提高了耐潮性能。浸漆次数越多，防潮性越好。

(2)改善绕组的散热条件：经过浸漆处理的绕组内部以及和铁心之间的空隙被绝缘漆填满，传导热量的能力比空气大得多，热量能比较容易地散发出去，改善了电机的散热条件。

(3)提高绕组的机械强度：由物理学知识可知，导线中通过电流时，会受到电磁力，尤其是异步电动机，起动电流很大，电磁力使槽楔、导线发生振动，时间长了，槽楔被振动掉出，发生机械故障；导线因松动而被擦伤，发生短路或接地等故障。经浸漆处理后，使疏散的导线胶合成一个结实的整体，加固了绕组端部的机械强度。

此外，绝缘漆使绕组端部比较光滑，铁屑油污不易进入线圈内部。

(4)提高绕组的化学稳定性：经浸漆处理后，漆膜能防止绝缘材料与有害化学介质接触而损害绝缘性能，以提高绕组的防霉、防电晕、防油污等能力。

2.浸漆与烘干的工艺要求

(1)预烘：无论是新旧绕组，绝缘物中都存在一定潮气。预烘主要是蒸发潮气增加漆的流动性，从而使漆浸得更好。预烘时将整形包扎好的定子绕组放在烘箱或者烘房内，温度保持在110～120℃之间，预烘4～6h(小时)，测得绝缘电阻在30～50MΩ，方可进行第一次浸漆。

预烘时温度要逐渐增加，以便于潮气散发。一般升温速度不大于20～30℃/h。并且在预烘初期要不断地吹入冷风来换气，以换掉箱内水分较多的热空气，预烘后期要少换气，以保持温度。预烘时间不能太长，温度不能过高，否则会使电动机绝缘变脆，甚至烧焦。

预烘时要每隔一小时测绝缘电阻一次，待绝缘电阻稳定后，方可浸漆。

(2)第一次浸漆(填充空隙)：第一次浸漆主要是为填充空隙，所以漆的粘度要稀一点。将预烘的电机绕组冷却至60～80℃，放入漆桶中浸漆(或浇灌也行)，漆面要求高出绕组10～20cm。漆的粘度不要太大，也不要太小。一般为18～22s。浸漆时要防止水分、灰尘、炭屑及其他杂物附着到绕组上，要严禁烟火。浸漆时间约为15分钟直至浸透为止。将电机定子提出漆桶，垂直放置，滴去多余的漆，滴漆时间不少于30分钟。

(3)第一次干燥：把经过滴漆处理的电机放入烘箱或烘房，进行第一次烘干，开始时温度要保持在60～70℃，0.5小时后换一次气，以加速漆的熔剂挥发和氧化。换气后再烘3小时后，温度开始升高至120℃，升温速度不要大于20～30℃/小时。6～10小时后，在炉内测定的绝缘电阻保持在2MΩ以上才能结束第一次烘干。

(4)第二次浸漆(增加漆膜厚度):第二次浸漆的目的是增加漆膜厚度,绕组温度仍要冷却到60~70℃,浸漆时间可以略短一些,直到不冒泡为止。漆的粘度应比第一次用漆大一些,一般粘度为30~35s。第二次滴漆的工艺同第一次滴漆。

(5)第二次干燥:烘干房的温度,可与第一次相同,烘干时间应为11~14h。在炉温下测定的稳定绝缘电阻达1MΩ以上时,烘干结束。

在检修个别电动机时,为节约用漆,可采用浇灌的方法。将电动机放置漆盘上,向绕组浇漆,直至另一端滴漆为止,半小时后将定子倒过来,再浇一次,直至浇透。半小时后可入烘箱干燥。

以上介绍的是比较通用的浸漆和烘干方法,在具体实施时,还要根据电机的实际情况和具备的条件决定。

四、实验内容及步骤

1.预烘

将试转后的电机拆开,将定子放于干燥箱内,温度逐渐调至120℃,烘4小时,绝缘电阻在30~50MΩ以上即可。(应每小时测一次绝缘电阻)。

2.浸漆

将定子拿出烘箱,待到60℃~70℃时,垂直放于漆盘内,下端应拧上螺丝,用漆壶浇漆,待另一端开始滴漆时为止,10~20min后,将定子倒过来,浇另一端,直到滴漆为止,30min后即可进烘箱烘干。(切勿浇至铁心上,如有,用白布蘸松节油擦干净)。

3.烘干

低温阶段	60℃~70℃	2~3h
升温阶段	70~120℃	不大于20℃/h
烘干阶段	120℃	5~10h

在烘干过程中,应每小时测一次绝缘电阻,并做好记录。起初,由于绕组温度的提高和潮气的扩散,绕组绝缘电阻呈下降状态,待降到某最低值后,便逐渐回升,最后2~3h内趋于稳定状态

或微微上升状态。当绝缘电阻达到3MΩ以上时，干燥即可结束。

实验表 7-1　电机绕组浸漆烘干记录

状　态	低温阶段			升温状态(<20℃/h)					干燥阶段 120℃			
温　度	60℃	70℃	80℃	80℃	90℃	100℃	110℃	120℃	1h	5h	8h	10h
电阻值/MΩ												

注意：烘干时应有专人监护，人离开时一定要关掉电源。

五、实验报告要求

1. 实验目的及烘干记录表。
2. 简要回答浸漆的作用。
3. 总结你浸漆的成败之处。

附录一：浸漆与烘干工序

实验表 7-2　浸漆与烘干工序

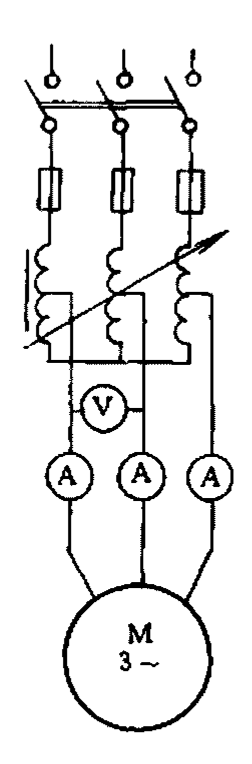
序号	工序	绝缘等级	烘炉温度/℃	干燥时间/h	炉温测定的绝缘电阻/MΩ	备注
1	预洪	A E、B	110±5 120±5	3~4	>50 >50	纱包线、漆包线
2	第一次浸漆		60~70	>0.25		
3	滴干		室温	>0.5		
4	第一次烘燥	A E、B	120±5 130±5	6~8 6~8	>3 >3	浸漆后到入炉时间应大于0.5h，小于3h
5	第二次浸漆		60~70	0.15~0.25		
6	滴干		室温	>0.5		浸渍后到入炉时间应大于0.5h，小于3h
7	第二次烘燥	A E、B	120±5 130±5	8~10 8~10	>1 >1	
8	喷表面漆		室温	24		

附录二:烘干方法介绍

电动机绕组的干燥方法,有内部加热法(电流加热)和外部加热法两种。

1.电流干燥法

电流干燥法,也称短路烘干法。在烘干时,将转子抽出,对于三相异步电动机,可把三相低压交流电通入定子绕组中,电压为电动机额定电压的7%~15%左右,绕组电流调节到额定电流,如实验图7-1所示。如没有三相低压电源,可采用单相220V交流电压,或采用电焊机作电源。电流的大小,控制在电动机额定电流的60%,用变阻器或改变绕组的串、并联方式(如采用电焊机,可直接用摇把调节)调节。其接线如实验图7-2所示。这种方法是绕组从里往外干,效果比较好。对于被水浸过或绝缘电阻很小的电机,不得用电流干燥法。



实验图7-1 用调压器进行电流加热干燥电机

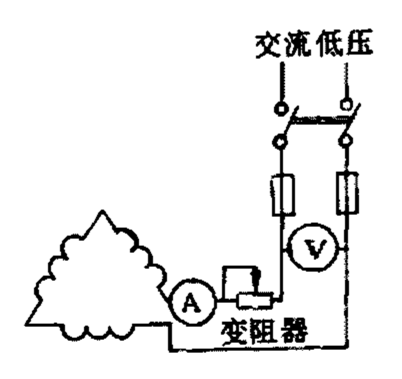
2.外部加热法

外部加热方法很多,其加热设备也多种多样,采取什么加热方法,可根据条件选择。

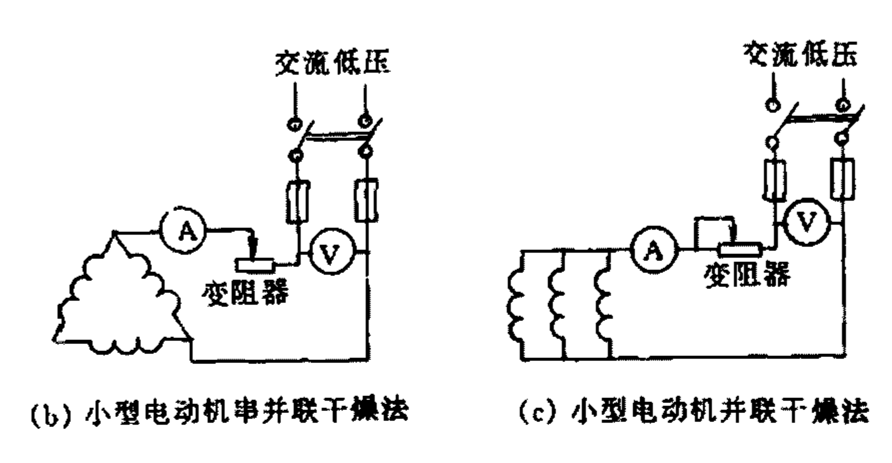
(1)电热干燥箱法: 将定子端盖孔上拧上螺丝竖放在干燥箱内,或在干燥箱内放几块砖,将定子平放在砖上,调节温度旋钮,烘干的温度,根据工艺要求的规定调节。

(2)灯泡干燥法: 对于容量较小的电机,可用红外线灯泡或一般白炽灯泡,使灯光直接照射到电动机绕组上,产生热量,用以烘干绕组,烘干温度可以通过改变灯泡数量或灯泡瓦数来控制,灯

泡烘箱如实验图 7-3 所示。

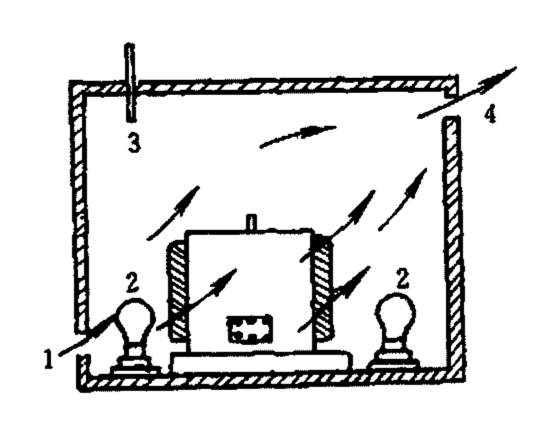


(a) 大/中型电动机串联干燥法



(b) 小型电动机串并联干燥法　　(c) 小型电动机并联干燥法

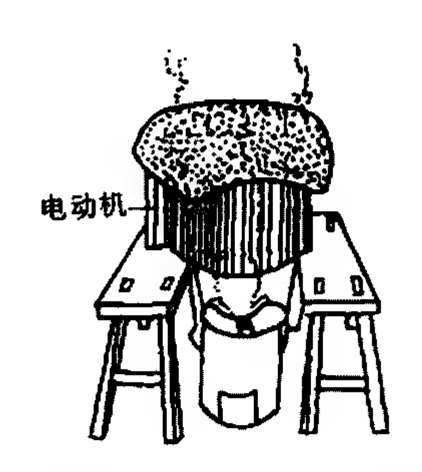
实验图 7-2　用单相电源进行加热干燥电机



实验图 7-3　灯泡烘箱

1.进气孔;2.灯泡;3.温度计;4.出气孔

(3)煤炉烘干法:对于不具备以上烘干设施的地方,可采用煤炉烘干法,如实验图 7-4 所示。烘干时,应在煤炉口上放一块较薄



实验图 7-4　煤球炉烘电机法

且中间有一小孔的铁板，将电动机定子的端盖固定孔上，再拧上 5 ~ 10cm 长的螺栓，然后直接放在炉子上面，电机定子的上面和下面覆盖保温材料。在烘干过程中，应经常用手摸的方法（感温法），检查电机温度，烘到一定的时间后，应把电机翻过来再次烘干。

实验八　组装、试验

一、实验目的

1. 掌握电动机重绕后应作的试验项目。
2. 学会空载参数的测量，检验重绕电机是否符合技术指标。
3. 学会使用单相功率表、三相功率表、功率因数表。

二、仪表及工具

1. 单相、三相功率表	D26-W	各1块
2. 单相功率因数表	D26-cosφ	1块
3. 钳形电流表、电流表		各1块
4. 组装工具		1套

三、电动机重绕后应试验的项目

电动机经过重绕后，是否能够正常工作，是否能达到原来的技术标准，就要通过试验来检验。一般检查试验的项目有：

(1)直流电阻的测定。

(2)绝缘电阻的测定。

(3)耐压试验。

(4)空载试验。

1. 耐压试验

所谓耐压是指，电动机绕组相与相、相与地经过绝缘物质绝缘后，能承受一定的电压而不击穿。

绝缘电阻高并不表示该电动机绝缘性能好，有些故障，须经耐压试验才可发现。绕组对铁心以及每相之间的交流耐压试验，是保证绕组绝缘可靠性的重要措施。因此，电机大修完后，均须进行耐压试验。如绝缘被击穿，可及时进行修补，避免更大的返工。试验电压的值为：绕组对机壳为2倍的额定电压加500V，而相间的电压为对机壳电压的一半。试验时电压慢慢升至全压，并保持1

分钟以后慢慢降低电压至零，应无击穿。

对于 380V 电动机可用 2500V·MΩ 表(摇表)摇测 1 分钟代替。

2. 空载试验

空载试验主要是检查修理后的运转情况，铁心和轴承温度是否正常，有无异常响声及大的振动，三相电流是否平衡，空载电流是否超标。

四、实验内容及步骤

1. 组装电动机

检查浸漆是否饱满，有无遗漏之处，表面漆膜应均匀光亮不粘手，铁心内表面的余漆是否铲除干净，以免影响转子插入。无问题后，将电动机按实验六步骤组装，直至转子灵活转动。

2. 直流电阻的测定

用电桥测各相电阻值填入实验表 8-1 或 8-2 中，并计算不平衡度，检验是否合格。若不合格，可按实验六中介绍的方法排除。

实验表 8-1　单相电机测试记录

直流电阻/Ω		绝缘电阻/MΩ		
主绕组	副绕组	主对副	主对地	副对地

实验表 8-2　三相电机测试记录

直流电阻/Ω			不平衡度	绝缘电阻/MΩ					
U相	V相	W相	$\frac{R_{max}-R_{min}}{R_{av}}100\%$	U对地	V对地	W对地	U对V	V对W	W对U

3. 绝缘电阻的测定

选用 500V 摇表按实验表 8-1、实验表 8-2 要求项目测量，将测量结果填入实验表 8-1、实验表 8-2，绝缘电阻值应在 3MΩ 以上。若不合格，可按实验六中介绍的方法排除。

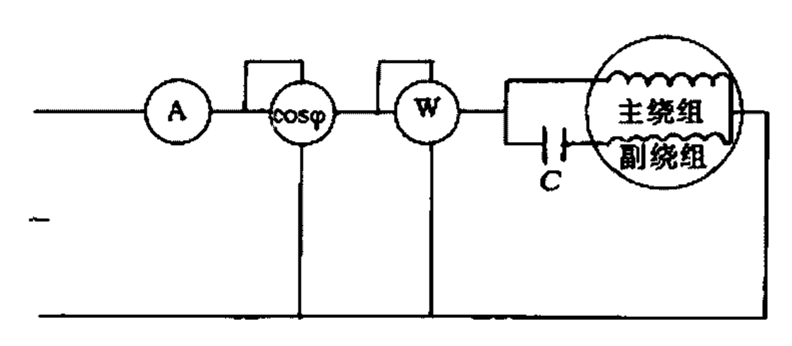
4. 耐压试验

重绕电动机的额定电压在 380V 以下，故采用 2500V 摇表摇测

1 分钟无击穿现象即可。

5. 空载试验

(1)按实验图 8-1 接线,起动单相电动机,运转 10 分钟后,测 U、I、P、$\cos\varphi$ 填入实验表 8-3 中,并计算空载电流与额定电流的百分数。

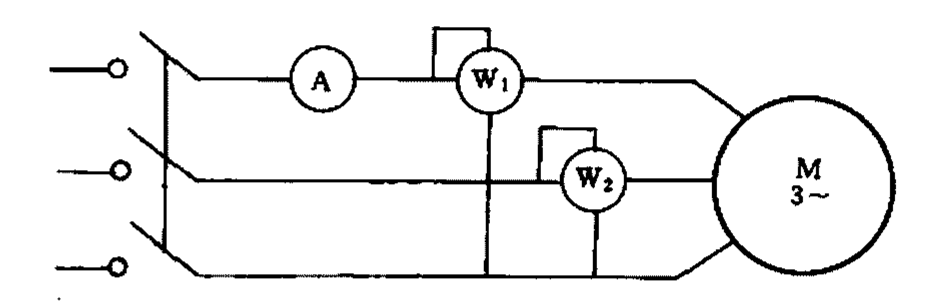


实验图 8-1 单相电机空载电路

实验表 8-3 单相电机空载记录

U/V	I/A	P/W	$\cos\varphi$	$I_0/I_N 100\%$

(2)按实验图 8-2 接线,起动三相电动机,运转 10 分钟后测空载时 U_{UV}、U_{VW}、U_{WU}、I_U、I_V、I_W、P、$\cos\varphi$ 以及 I_0 填入实验表 8-4 中,并计算 $I_0/I_N 100\%$ 与实验表 6-3 标定值比较。检验空载电流是否合格。若不合格按实验六的方法排除故障。



实验图 8-2 三相电机空载电路

实验表 8-4　三相电机空载记录

U_{UV}	U_{VW}	U_{WU}	I_U	I_V	I_W	$P=P_1+P_2$	$\cos\varphi$	$I_0/I_N 100\%$

五、实验报告要求

1.实验目的,并填写记录表。

2.写出换修完绕组的电动机应做哪些试验,各应达到何值。

3.总结你重绕电动机的感想与体会。

附录一　三相异步电动机铁心绕组技术数据

附表 1-1　JO_2 系列三相异步

型　号	功率/kW	定子 外径/mm	内径/mm	铁心长度/mm	气隙长度/mm	每槽线数	并联支路数	绕组型式	线规 根数	线规 直径/mm
二										
JO_2-11-2	0.8	120	67	65	0.3	94		单层同心式		0.67
JO_2-12-2	1.1			85		72			1	0.77
JO_2-21-2	1.5	145	82	75	0.4	80		单层交叉式		0.83
JO_2-22-2	2.2			100		60				0.93
JO_2-31-2	3	167	94	95	0.45	41	1	单层同心式	1	1.12
JO_2-32-2	4			125		56				0.96
JO_2-41-2	5.5	210	114	110	0.6	53				0.93
JO_2-42-2	7.5			135		43			2	1.08
JO_2-51-2	10	245	136	120	0.7	40				1.35
JO_2-52-2	13			160		32			1 2	1.16 1.25
JO_2-61-2	17	280	155	155	0.7	50	2	双层叠绕	1	1.45
JO_2-71-2	22	327	182		0.8	20	1		4	1.35
JO_2-72-2	30			200		16			2 2	1.56 1.62
JO_2-82-2	40	368	210	240	1.1	26			1 2	1.5 1.56
JO_2-91-2	55	423	245	260	1.5	20	2		2 2	1.5 1.56
JO_2-92-2	75			300		16			5	1.56
JO_2-93-2	100			365	1.4	12			7	1.56
四										
JO_2-11-4	0.6	120	75	85	0.25	115	1	单层链式	1	0.57
JO_2-12-4	0.8			100		96				0.67
JO_2-21-4	1.1	145	90	85		80				0.72

线模尺寸 τ_1 /mm	线模尺寸 τ_2 /mm	线模尺寸 A /mm	线模尺寸 C /mm	跨距 y	线重（千克/台）	定子/转子槽数	电压 /V	额定电流 /A	空载电流 /A
极									
69	86			1-12 2-11	1.61	24/20	220/380	1.72	0.78
					1.775			2.35	1.03
90	94			2(1-9) 1(1-8)	1.805	18/16		3.22	1.23
					1.88			4.53	1.71
95	116			1-12 2-11	2.74	24/20	220/380	6.29	2.29
					3.02		380△	8.0	2.74
115	138				5.76			10.7	3.5
					6.77			14.33	4.6
143	175				10.4			19.44	6.1
					11.22			24.45	6.5
		158	100	1-11	9.15	30/22	380△	31.45	7.06
		190	135	1-13	17.92	36/28		39.8	7.73
		190			21.8			55.5	9.15
		202	155		29.8			71.7	13.95
		245	185	1-15	38.7	42/34		100.2	9.65
					42.7			133	12.78
					48.9			180.1	17.9
极									
50				1-6	1.217	24/22	220/380	1.57	0.875
					1.52			1.99	1.1
60					1.445			2.64	1.362

型 号	功率/kW	定子 外径/mm	定子 内径/mm	定子 铁心长度/mm	定子 气隙长度/mm	每槽线数	并联支路数	绕组型式	线规 根数	线规 直径/mm
JO_2-22-4	1.5	145	90	115	0.25	62	1	单层链式	1	0.83
JO_2-31-4	2.2	167	104	95	0.3	41	1	单层交叉式	1	0.96
JO_2-32-4	3			135		31				1.12
JO_2-41-4	4	210	136	100	0.35	52				1.0
JO_2-42-4	5.5			125		42				1.12
JO_2-51-4	7.5	245	162	120	0.4	38			2	1.0
JO_2-52-4	10			160		29				1.12
JO_2-61-4	13	280	182	155	0.45	54	2	双层叠绕	1	1.25
JO_2-62-4	17			190		42				1.45
JO_2-71-4	22	327	210	175	0.5	42			2	1.25
JO_2-72-4	30			235		32				1.50
JO_2-82-4	40	368	245	275	0.65	22			3	1.40
JO_2-91-4	55	423	280	260	0.85	34	4		2	1.50
JO_2-92-4	75			340		26			3	1.45
JO_2-93-4	100			380		22			4	1.40
六										
JO_2-21-6	0.8	145	94	85	0.25	81	1	单层链式	1	0.67
JO_2-22-6	1.1			115		61				0.77
JO_2-31-6	1.5	167	114	95	0.3	60				0.86
JO_2-32-6	2.2			135		42				1.04
JO_2-41-6	3	210	148	110	0.35	40				1.20
JO_2-42-6	4			140		55	1		1	1.04
JO_2-51-6	5.5	245	174	130		47				1.20
JO_2-52-6	7.5			170		37				1.40
JO_2-61-6	10	280	200	175	0.4	22	1	双层叠绕	1	1.16 1.12

续表

线模尺寸 图同上 τ_1 /mm	τ_2	A	C	跨距 y	线重（千克/台）	定子/转子槽数	电压 /V	额定电流 /A	空载电流 /A
60				1-6	1.715	24/22	220/380	3.42	1.588
65	73			2(1-9) 1(1-8)	2.27	36/26	380△	4.85	2.38
84	94				2.74			6.31	2.70
99	110				3.55			8.4	3.5
					3.96			11.2	4.25
					6.08			14.85	4.54
					6.56			19.7	5.9
		125	75	1-8	7.58	36/28	380△	25.65	8.62
					8.75			32.5	12.23
		170	90	1-9	14.05			43.5	9.59
					17.7			56.5	11.7
		180	110	1-11	24.4	48/38		72	15.1
		195	125	1-13	37.1	60/50		96.9	11.02
					45.5			134	14.33
					50.8			180	18.4
极									
42				1-6	1.62	36/33	220/380	2.22	1.53
					1.895			2.88	1.89
50					2.28			3.29	2.16
					2.81			5.52	3.18
65					3.44			6.86	3.33
					4.03		380△	8.9	4.02
76					4.70			11.6	4.9
					5.81			15.53	6.1
		110	65	1-9	7.6	54/44		21.05	10.1

型号	功率 /kW	定子								
		外径	内径	铁心长度	气隙长度	每槽线数	并联支路数	绕组型式	线规	
		/mm							根数	直径 /mm
JO_2-62-6	13	280	200	220	0.40	18	1	双层叠绕	1	1.35 1.30
JO_2-71-6	17	327	230	200	0.45					1.50 1.45 1.20
JO_2-72-6	22			250		28	2		2	1.25
JO_2-81-6	30	368	260	240	0.50	32	3			1.45
JO_2-82-6	40			310		24				1.40
JO_2-91-6	55	423	300	320	0.6	20			3	
JO_2-92-6	75			420	0.625	30	6		2	
八										
JO_2-41-8	2.2	210	148	110	0.35	37	1	单层链式	1	1.12
JO_2-42-8	3			140		31				1.30
JO_2-51-8	4	245	174	130		48				1.12
JO_2-52-8	5.5			170		37				1.30
JO_2-61-8	7.5	280	200	175	0.4	58	2	双层叠绕	1	1.04
JO_2-62-8	10			220		46				1.20
JO_2-71-8	13	327	230	200	0.45	42				1.35
JO_2-72-8	17			250		34				1.56
JO_2-81-8	22	368	260	240	0.50	24			2	1.35
JO_2-82-8	30			310		20				1.62
JO_2-91-8	40	423	300	320	0.6	34	4			1.30
JO_2-92-8	55			420		26				1.50
十										
$JO_2-81-10$	17	368	260	240	0.45	34	2	双层叠绕	2	1.25
$JO_2-82-10$	22			310		26				1.45
$JO_2-91-10$	30	423	300	320	0.5	52	5		1	1.40
$JO_2-92-10$	40			400		42				1.62

注：1.铁心采用 D_{22} 硅钢片；
2.定子绝缘是 E 级；
3.定子绕组采用 QZ 高强度聚酯漆包线。

线模尺寸				跨距 y	线重（千克/台）	定子/转子槽数	电压/V	额定电流/A	空载电流/A
图同上									
τ_1	τ_2	A	C						
/mm									
		110	65	1-9	9.53	54/44	380△	26.8	11.6
		120	70		11.5			32.6	9.8
					13.42			41.2	12.8
		130	80	1-11	23.3	72/58		54	14.83
					27.2			73.75	24
		145	90		38.6	72/56		98.8	15.69
					39.8			134.5	22.8
极									
49				1-6	3.40	48/44	220/380	5.94	4.18
					4.39			7.47	4.41
58					4.95			9.07	4.61
					5.95			12.16	5.81
		80	50	1-7	7.58	54/58	380△	16.0	8.75
					9.2			20.8	10.5
		90	55		10.32			26.6	12.5
					12.8			34	15.2
		100	65	1-9	19	72/58		46.1	20.95
					26.6			57.5	22.5
		112	75		30.9	72/56		77.9	15.67
					37.6			104	19.7
极									
		80	50	1-6	17.8	60/64	380△	36.4	19.2
					21.7			48	27
		90	55		21.7			62.2	18.6
					26.7			82.0	23.4

附表 1-2　Y 系列三相异步电动机铁心、

型　　号	功　率 /kW	定					
		外　径	内　径	铁心长度	气隙长度	每槽线数	并联支路数
		/mm					
二							
Y-801-2	0.75	120	67	65	0.30	111	1
Y-802-2	1.1	120	67	80	0.30	90	
Y-90S-2	1.5	130	72	80	0.35	77	
Y-90L-2	2.2			110		58	
Y-100L-2	3	155	84	100	0.40	40	
Y-112M-2	4	175	98	105	0.45	48	
Y-132S-2	5.5	210	116		0.55	44	
Y-132M-2	7.5	210		125		37	
Y-160M_1-2	11	260	150		0.65	28	
Y-160M_2-2	15	260		155		23	
Y-160L-2	18.5	260		195		19	
Y-180M-2	22	290	160	175	0.8	16	
Y-200L_1-2	30	327	182	180	1.0	28	2
Y-200L_2-2	37			210		24	
Y-225M-2	45	368	210		1.1	21	
Y-250M-2	55	400	225	195	1.2	20	
Y-280S-2	75	445	255	225	1.5	14	
Y-280M-2	90			260		12	

绕组技术数据

子								
绕组型式	线规		跨距 y	线重（千克/台）	定子/转子槽数	电压 /V	额定电流 /A	空载电流 /A
	根数	直径 /mm						
极								
单层交叉式	1	0.63	2(1-9) 1(1-8)	1.30	18/16	380Y	1.71	0.65
		0.71		1.45	18/16		2.41	0.82
		0.80	2(1-9) 1(1-8)	1.60	18/16		3.33	1.24
		0.95		1.90			4.66	1.60
单层同心式		1.18	1-12 2-11	2.80	24/20		6.12	2.2
		1.06	1-16 2-15 3-14 1-14 2-13	3.70	30/26	380△	7.99	2.70
		0.90 0.95		5.70			10.76	3.0
		1.00 1.06		6.30			14.32	3.5
	2 1	1.18 1.25		11.20			21.24	6.0
	2 2	1.12 1.18		12			28.28	7.1
	3 2	1.12 1.18		13.3			34.29	8.0
双层叠绕	2 2	1.30 1.40	1-14	14.65	36/28		41.8	12.3
	2 2	1.12 1.18		20.2			56.5	15.9
	1 2	1.40 1.50		22.4			68.8	18.7
	1 3	1.40 1.50		28.8			83.7	24.3
	6	1.40		37.6			102.8	29.9
	7	1.50	1-16	45.6	42/34		139.2	38.5
	8	1.50		47			165.8	46.4

<table>
<tr><th rowspan="3">型　号</th><th rowspan="3">功　率
/kW</th><th colspan="6">定</th></tr>
<tr><th>外　径</th><th>内　径</th><th>铁　心
长　度</th><th>气　隙
长　度</th><th rowspan="2">每　槽
线　数</th><th rowspan="2">并　联
支路数</th></tr>
<tr><th colspan="4">/mm</th></tr>
<tr><td colspan="8">四</td></tr>
<tr><td>Y－801－4</td><td>0.55</td><td rowspan="2">120</td><td rowspan="2">75</td><td>65</td><td rowspan="4">0.25</td><td>128</td><td rowspan="9">1</td></tr>
<tr><td>Y－802－4</td><td>0.75</td><td>80</td><td>103</td></tr>
<tr><td>Y－90S－4</td><td>1.1</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">80</td><td>90</td><td>81</td></tr>
<tr><td>Y－90L－4</td><td>1.5</td><td>120</td><td>63</td></tr>
<tr><td>Y－100L$_1$－4</td><td>2.2</td><td rowspan="2">155</td><td rowspan="2">98</td><td>105</td><td rowspan="3">0.30</td><td>41</td></tr>
<tr><td>Y－100L$_2$－4</td><td>3</td><td rowspan="2">135</td><td>31</td></tr>
<tr><td>Y－112M－4</td><td>4</td><td>175</td><td>110</td><td>46</td></tr>
<tr><td>Y－132S－4</td><td>5.5</td><td rowspan="2">210</td><td rowspan="2">136</td><td>115</td><td rowspan="2">0.4</td><td>47</td></tr>
<tr><td>Y－132M－4</td><td>7.5</td><td>160</td><td>35</td></tr>
<tr><td>Y－160M－4</td><td>11</td><td rowspan="2">260</td><td rowspan="2">170</td><td>155</td><td rowspan="2">0.5</td><td>56</td><td>2</td></tr>
<tr><td>Y－160L－4</td><td>15</td><td>195</td><td>22</td><td>1</td></tr>
<tr><td>Y－180M－4</td><td>18.5</td><td rowspan="2">290</td><td rowspan="2">187</td><td>190</td><td rowspan="2">0.55</td><td>32</td><td rowspan="2">2</td></tr>
<tr><td>Y－180L－4</td><td>22</td><td>220</td><td>28</td></tr>
<tr><td>Y－200L－4</td><td>30</td><td>327</td><td>210</td><td>230</td><td>0.65</td><td>48</td><td rowspan="6">4</td></tr>
<tr><td>Y－225S－4</td><td>37</td><td rowspan="2">368</td><td rowspan="2">245</td><td>200</td><td rowspan="2">0.7</td><td>46</td></tr>
<tr><td>Y－225M－4</td><td>45</td><td>235</td><td>40</td></tr>
<tr><td>Y－250M－4</td><td>55</td><td>400</td><td>260</td><td rowspan="2">240</td><td>0.8</td><td>36</td></tr>
<tr><td>Y－280S－4</td><td>75</td><td rowspan="2">445</td><td rowspan="2">300</td><td rowspan="2">0.9</td><td>26</td></tr>
<tr><td>Y－280M－4</td><td>90</td><td>325</td><td>20</td></tr>
</table>

续表

子			跨距 y	线重 (千克/台)	定子/ 转子 槽数	电压 /V	额定 电流 /A	空载 电流 /A
绕组 型式	线规							
	根数	直径 /mm						
极								
单层 链式	1	0.59	1-6	1.15	24/22	380Y	1.46	0.76
		0.63		1.30			1.93	0.97
		0.71		1.40			2.7	1.30
		0.80		1.60			3.55	1.60
单层 交叉式	2	0.71	2(1-9) 1(1-8)	2.5	36/32		4.87	2.1
	1	1.18		2.9			6.6	3.0
		1.06		3.7		380△	8.56	3.8
	1 1	0.90 0.95		5.7			11.26	4.2
	2	1.06		6.5			15	5.4
	1	1.3		8.4	36/26		22.07	7.6
	2 1	1.25 1.18		9.9			29.9	10
双层 叠绕	2	1.18	1-11	12.5	48/44		36	13.5
		1.3		14.2			42.3	15.2
	1 1	1.06 1.12		18.4			56.9	19.4
	2	1.25	1-12	24.1			69.4	21.3
	1 1	1.30 1.40		26.3			83.4	23.6
	3	1.3		34.6			101.7	29.2
	2 2	1.25 1.30	1-14	42.1	60/50		137.5	38.8
	5	1.30		48.4			163.7	47.1

<table>
<tr><th rowspan="3">型号</th><th rowspan="3">功率
/kW</th><th colspan="6">定</th></tr>
<tr><th>外径</th><th>内径</th><th>铁心长度</th><th>气隙长度</th><th rowspan="2">每槽线数</th><th rowspan="2">并联支路数</th></tr>
<tr><th colspan="4">/mm</th></tr>
<tr><td colspan="8">六</td></tr>
<tr><td>Y-90S-6</td><td>0.75</td><td rowspan="2">130</td><td rowspan="2">86</td><td>100</td><td rowspan="3">0.25</td><td>77</td><td rowspan="9">1</td></tr>
<tr><td>Y-90L-6</td><td>1.1</td><td>120</td><td>63</td></tr>
<tr><td>Y-100L-6</td><td>1.5</td><td>155</td><td>106</td><td>100</td><td>53</td></tr>
<tr><td>Y-112L-6</td><td>2.2</td><td>175</td><td>120</td><td>110</td><td>0.30</td><td>44</td></tr>
<tr><td>Y-132S-6</td><td>3</td><td rowspan="3">210</td><td>148</td><td>140</td><td rowspan="3">0.35</td><td>38</td></tr>
<tr><td>Y-132M$_1$-6</td><td>4</td><td rowspan="2">148</td><td rowspan="2">180</td><td>52</td></tr>
<tr><td>Y-132M$_2$-6</td><td>5.5</td><td>42</td></tr>
<tr><td>Y-160M-6</td><td>7.5</td><td rowspan="2">260</td><td>180</td><td>145</td><td rowspan="2">0.40</td><td>38</td></tr>
<tr><td>Y-160L-6</td><td>11</td><td>180</td><td>195</td><td>28</td></tr>
<tr><td>Y-180L-6</td><td>15</td><td>290</td><td>205</td><td>200</td><td>0.45</td><td>34</td><td rowspan="4">2</td></tr>
<tr><td>Y-200L$_1$-6</td><td>18.5</td><td>327</td><td rowspan="2">230</td><td>190</td><td>0.50</td><td>32</td></tr>
<tr><td>Y-200L$_2$-6</td><td>22</td><td>327</td><td>220</td><td rowspan="2">0.50</td><td rowspan="3">28</td></tr>
<tr><td>Y-225M-6</td><td>30</td><td>368</td><td>260</td><td>200</td></tr>
<tr><td>Y-250M-6</td><td>37</td><td>400</td><td>285</td><td>225</td><td>0.55</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td>Y-280S-6</td><td>45</td><td>445</td><td rowspan="2">325</td><td>215</td><td rowspan="2">0.65</td><td>26</td></tr>
<tr><td>Y-280M-6</td><td>55</td><td>445</td><td>260</td><td>22</td></tr>
</table>

续表

子			跨距 y	线重（千克/台）	定子/转子槽数	电压 /V	额定电流 /A	空载电流 /A
绕组型式	线规							
	根数	直径 /mm						
极								
单层链式	1	0.67	1-6	1.7	36/33	380Y	2.13	1.30
		0.75		1.9			2.97	1.60
		0.85		2.0			3.83	2.10
		1.06		2.8			5.44	2.90
		0.85 0.90		3.5			6.99	3.50
		1.06		4.0		380△	9.12	4.4
		1.25		5.2			12.04	5.1
	2	1.12		7.1			16.35	7.3
	4	0.95		8.9			23.7	10.1
双层叠绕	1	1.50	1-9	11.1	54/44		31	13.3
	1 1	1.12 1.18		12.3			37.5	14.8
	2	1.25		13.8			44	16.6
	2 1	1.30 1.40		23.8			58	17.8
	1 2	1.12 1.18	1-12	27.2	72/58		69.3	19.4
	2 1	1.30 1.40		34.4			84.2	22.8
	1 2	1.40 1.50		38.6			102	26.2

型 号	功 率 /kW	定					
		外 径 /mm	内 径 /mm	铁心长度 /mm	气隙长度 /mm	每槽线数	并联支路数
八							
Y-132S-8	2.2	210	148	110	0.35	39	1
Y-132M-8	3			140		31	
Y-160M$_1$-8	4	260	180	110	0.40	51	
Y-160M$_2$-8	5.5			145		39	
Y-160L-8	7.5			195		30	
Y-180L-8	11	290	205	200	0.45	46	2
Y-200L-8	15	327	230	190	0.50	40	
Y-225S-8	18.5	368	260	165		40	
Y-225M-8	22			200		34	
Y-250M-8	30	400	285	225	0.55	22	
Y-280S-8	37	445	325	215	0.65	40	4
Y-280M-8	45			260		34	

续表

子			跨距 y	线重（千克/台）	定子/转子槽数	电压 /V	额定电流 /A	空载电流 /A
绕组型式	线规							
	根数	直径 /mm						
极								
单层链式	1	1.12	1-6	4.0	48/44	380Y	5.77	3.4
		1.30		4.4			7.56	4.2
		1.25		6.3		380△	9.68	5.3
	2	1.0		7.2			13	6.9
	1 1	1.12 1.18		8.7			17.2	8.5
双层叠绕	2	0.9	1-7	9.9	54/58		24.4	12.2
	1	1.5		11.9			32.9	16
	2	1.4		20.3			39.7	18.2
		1.5		21.9			46.4	20.2
	3	1.3	1-9	23.9	72/58		61.6	25.7
	2		1-12	29.5			76.1	32.1
	1 1	1.4 1.5		24.7			90.8	35.8

附表 1-3　三相排气扇用电动机铁心、绕组技术数据

产品规格型号	极数	电压/V	频率/Hz	铁心			绕组		绕圈节距	电动机相数	产地
				长度/mm	内径/mm	槽数	线径/mm	匝数			
400FA3－6 排气扇	4	280	50	46	ϕ58	12	0.25	580	1－4	三相	
400FTA8－6 排气扇	4	380	50	40	ϕ58	12	0.27	625	1－4	三相	
500FTA3－7 排气扇	6	380	50	40	ϕ72	18	0.29	450	1－4	三相	广州 50×40×9
600JA12－4 排气扇	4	380	50	55	ϕ80	24	0.47	140	1－6	三相	苏州
600FTA 排气扇	4	380	50	59	ϕ72	24	0.44	150	1－6		天津 60×75×8

附表 1-4　QY 型油浸式潜水电泵铁心、绕组技术数据

型号	功率/kW	极数	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 长度/mm	定子铁心 槽数	绕组 线规(根-φ)	绕组 每槽线数	绕组 每圈匝数	绕组 每联圈数	绕组 每台联数	绕组 并联路数	绕组 绕组型式	绕组 节距	绕组 每台线重/kg	型式	A	B	D(R)
QY—3.5 QY—7A QY—15 QY—25 QY—40A	2.2	2	145	32	100	24	QZ—2 1－0.75	94	94	2	6	2	同心	1-12 2-11	2.45	Ⅱ	96 86	231 201	(48) (43)
QY—3.5(节能型) QY—7A(节能型) QY—15(节能型) QY—25(节能型) QY—40A(节能型)	2.2	2	143	78	95	24	QZ—2 1-0.71	96	96	2	6	2	同心	1-12 2-11	2.33	Ⅱ	100 82	225 197	31(51) 31(43)
QY40—16—3 QY25—26—3 QY15—36—3	3	2	143	78	120	24	QZ—2 1-0.8	76	76	2	6	2	同心	1-12 2-11	2.57	Ⅱ	100 82	250 222	31(51) 31(43)

Ⅰ型　Ⅱ型

附表 1-5　QX 型污水电泵铁心、绕组技术数据

型号	功率/kW	极数	定子铁心				绕组								Ⅰ型 Ⅱ型			
			外径	内径	长度	槽数	线规 QZ—2 (根-ϕ)	每槽线数	每圈匝数	每联圈数	每台联数	并联路数	绕组型式	节距	型式	A	B	$D(R)$
			/mm															
QX6-15J	0.75	2	125	65	60	24	1-0.6	86	86	4	3	1	同心	1-12 2-11	Ⅱ	85 70	155 38	(48) (36)
QX10-10J	0.75	2	125	65	60	24	1-0.6	86	86	4	3	1	同心	1-12 2-11	Ⅱ	85 70	155 38	(48) (36)
QX120-10J	5.5	4	175	110	170	36	1-0.85 2-0.9	23	23	3	6	1	单层交叉	1-9 2-10 11-18	Ⅱ	82 82 70	244 244 244	22(48.5) 22(48.5) 22(39.5)
QX22-15J	2.2	2	145	82	100	24	1-0.75	94	94	4	3	2	同心	1-12 2-11	Ⅱ	100 82	234 208	51 45.5

附录二　单相异步电动机铁心、绕组技术数据

附表 2-1　BO、CO、DO 型单相异步电动机铁心、绕组技术数据

BO 型电阻分相式

型号	容量 /W	电流 /A	转速 /r·min⁻¹	定子铁心 /mm			气隙 /mm	槽数		主绕组		副绕组		空载电流 /A	副绕组起动电流 /A
				外径	内径	长度		定子	转子	线径 /mm	每极匝数	线径 /mm	每极匝数		
BO5612	60	1.01	2800	90	48	40	0.25	18	15	0.41	520	0.31	227	0.58	–
5622	90	1.19	2800	90	52	48	0.25	24	18	0.47	472	0.35	179	0.72	8.4
5614	40	1.05	1400	90	52	40	0.2	24	22	0.38	374	0.27	150	0.94	4.7
5624	60	1.28	1400	90	52	48	0.2	24	22	0.41	318	0.29	126	1.06	5.9
6312	120	1.43	2800	102	54	44	0.25	24	18	0.51	379	0.38	187 反 14	1.16	9.1
6322	180	1.95	2800	102	52	56	0.25	24	18	0.59	352	0.38	174	1.2	9.3
6332	250	2.5	2800	102	52	70	0.25	24	18	0.62	270	0.41	125	1.52	14
6314	90	3.6	1400	102	58	48	0.2	24	22	0.53	288	0.31	128	1.21	6.3
6324	120	1.85	1400	102	58	56	0.2	24	22	0.57	248	0.33	109	1.59	7.8
6334	180	2.44	1400	102	58	70	0.2	24	22	0.67	200	0.38	89	1.92	11
7112	370	3.5	2800	130	66	62	0.25	24	18	0.74	218	0.49	140	1.75	15.3
7114	250	3.05	1400	130	72	62	0.25	24	22	0.8	161	0.41	123	2.37	8.1
7124	370	4.17	1400	130	72	80	0.25	24	22	0.9	126	0.41	79	2.92	12.2

CO型电容起动式

型号	容量 /W	电流 /A	转速 /r·min⁻¹	定子铁心 外径 /mm	定子铁心 内径 /mm	定子铁心 长度 /mm	气隙 /mm	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径 /mm	主绕组 每极匝数	副绕组 线径 /mm	副绕组 每极匝数	电容器容量 /μF	空载电流 /A	副绕组起动电流 /A
CO6322	180	1.95	2800	102	52	52	0.2	24	18	0.57	301	0.41	273	75	1.3	4.3
6332	250	2.5	2800	102	52	70	0.25	24	18	0.62	270	0.49	189	100	1.53	6.6
6334	180	2.44	1400	102	58	70	0.2	24	22	0.67	200	0.41	114	100	1.89	6.4
7112	370	3.5	2800	130	66	62	0.25	24	18	0.74	218	0.53	224	100	1.73	6.6
7122	550	4.84	2800	130	66	80	0.25	24	18	0.9	159	0.62	140	150	2.4	10.5
7114	250	3.05	1400	130	72	62	0.25	24	22	0.8	161	0.41	147	100	2.4	5.8
7124	370	4.17	1400	130	72	80	0.25	24	22	0.9	126	0.49	131	100	2.9	7.8
8012	750	6.25	2800	138	74	70	0.25	24	18	1-0.67 1-0.69	146	0.62	165	200	3.6	14.7
8014	550	5.56	1400	138	84	80	0.25	36	34	2-0.69	116	0.57	112	150	4.2	10.5
8024	750	7.05	1400	138	84	100	0.25	36	34	1-0.72 1-0.8	93	0.64	98	200	4.8	14

DO型电容运转式

型号	容量 /W	电流 /A	转速 /r·min^{-1}	定子铁心 外径 /mm	定子铁心 内径 /mm	定子铁心 长度 /mm	气隙 /mm	槽数 定子	槽数 转子	主绕组 线径 /mm	主绕组 每极匝数	副绕组 线径 /mm	副绕组 每极匝数	电容器容量 /μF	空载电流 /A
DO4512	15	0.23	2800	71	38	45	0.2	12	15	0.23	823	0.19	1258	1	0.249
4522	25	0.32	2800	71	38	45	0.2	12	15	0.25	698	0.2	1369	1	0.373
4514	8	0.2	1400	71	38	45	0.2	12	15	0.2	575	0.16	650	1	0.275
4524	15	0.28	1400	71	38	45	0.2	12	15	0.21	523	0.17	670	1	0.388
5012	40	0.45	2800	80	43	35	0.25	24	18	0.25	700	0.19	920	2	0.38
5022	60	0.55	2800	80	43	46	0.25	24	18	0.29	550	0.23	778	2	0.474
5014	25	0.35	1400	80	42	34	0.15	24	18	0.25	504	0.18	523	2	0.382
5024	40	0.52	1400	80	42	44	0.15	24	18	0.27	373	0.2	598	2	0.565
5612	90	0.82	2800	90	48	38	0.25	18	12	0.33	500	0.27	650	4	0.63
5622	120	1	2800	90	48	48	0.25	18	12	0.41	400	0.27	640	4	0.66
5614	60	0.72	1400	90	52	38	0.2	24	18	0.29	350	0.27	460	4	0.84
5624	90	0.97	1400	90	52	48	0.2	24	18	0.31	260	0.29	420	4	1.23
6312	180	1.42	2800	102	54	44	0.25	24	18	0.44	341	0.33	510	6	1.29
6314	120	1.2	1400	102	60	44	0.25	24	22	0.38	265	0.29	460	4	1.28
6324	180	1.67	1400	102	60	55	0.25	24	22	0.44	213	0.33	355	6	1.73

附表 2-2 BO_2、CO_2、DO_2 型单相异步电动机铁心、绕组技术数据

BO_2 型单相电阻

型号	额定功率/W	额定电压/A	满载时 电流 A	满载时 转速/$r\cdot min^{-1}$	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 长度/mm	气隙长度/mm
BO_2-6312	90	220	1.09	2800	56	0.67	96	50	45	0.25
BO_2-6322	120		1.36		58	0.69			54	
BO_2-7112	180		1.89		60	0.72	110	58	50	
BO_2-7122	250		2.40		64	0.74			62	
BO_2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	
BO_2-6314	60		1.23	1400	39	0.57	96	58	45	
BO_2-6324	90		1.64		43	0.58			54	
BO_2-7114	120		1.88		50	0.58	110	67	50	
BO_2-7124	180		2.49		53	0.62			62	
BO_2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	
BO_2-8024	370		4.24		62	0.64			75	

分相起动式

<table>
<tr><th colspan="2">槽　数</th><th colspan="3">主　绕　组</th><th colspan="3">副　绕　组</th><th rowspan="2">堵转电流(A)</th><th rowspan="2">堵转转矩/额定转矩</th><th rowspan="2">最大转矩/额定转矩</th></tr>
<tr><th>定子</th><th>转子</th><th>线　规</th><th>每极匝数</th><th>平均半匝长/mm</th><th>线　规</th><th>每极匝数</th><th>平均半匝长/mm</th></tr>
<tr><td rowspan="11">24</td><td rowspan="5">18</td><td>1-0.45</td><td>436</td><td>132</td><td>1-0.33</td><td>192</td><td>132</td><td>12</td><td>1.5</td><td rowspan="11">1.8</td></tr>
<tr><td>1-0.50</td><td>357</td><td>141</td><td>1-0.35</td><td>182</td><td>140</td><td>14</td><td>1.4</td></tr>
<tr><td>1-0.56</td><td>297</td><td>148.2</td><td>1-0.38</td><td>167</td><td>148.5</td><td>17</td><td>1.3</td></tr>
<tr><td>1-0.63</td><td>235</td><td>160.2</td><td>1-0.40</td><td>156</td><td>160.6</td><td>22</td><td rowspan="2">1.1</td></tr>
<tr><td>1-0.71</td><td>206</td><td>170.4</td><td>1-0.45</td><td>136</td><td>171.3</td><td>30</td></tr>
<tr><td rowspan="6">30</td><td>1-0.42</td><td>315</td><td>97.3</td><td>1-0.31</td><td>127</td><td>93.5</td><td>9</td><td>1.7</td></tr>
<tr><td>1-0.45</td><td>270</td><td>166.3</td><td>1-0.35</td><td>117</td><td>103</td><td>12</td><td rowspan="2">1.5</td></tr>
<tr><td>1-0.53</td><td>224</td><td>109.4</td><td>1-0.33</td><td>124</td><td>109.4</td><td>14</td></tr>
<tr><td>1-0.60</td><td>183</td><td>121.4</td><td>1-0.35</td><td>102</td><td>121.4</td><td>17</td><td>1.4</td></tr>
<tr><td>1-0.71</td><td>158</td><td>126.4</td><td>1-0.40</td><td>104</td><td>126.4</td><td>22</td><td rowspan="2">1.2</td></tr>
<tr><td>1-0.85</td><td>124</td><td>143.9</td><td>1-0.47</td><td>89</td><td>143.4</td><td>30</td></tr>
</table>

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时				定子铁心			气隙长度
			电流/A	转速/r·min^{-1}	效率(%)	功率因数	外径	内径	长度	
							/mm			
CO_2-7112	180	220	1.89	2800	60	0.72	110	58	50	0.25
CO_2-7122	250		2.40		64	0.74			62	
CO_2-8012	370		3.36		65	0.77	128	67	58	
CO_2-8022	550		4.65		68	0.79			75	
CO_2-90S2	750		5.94		70	0.82	145	77	70	0.30
CO_2-7114	120		1.88	1400	50	0.58	110	67	50	0.25
CO_2-7124	180		2.49		53	0.62			62	
CO_2-8014	250		3.11		58	0.63	128	77	58	
CO_2-8024	370		4.24		62	0.64			75	
CO_2-90S4	550		5.57		65	0.69	145	87	70	
CO_2-90L4	750		6.77		69	0.73			90	

注:电容器为 CDJ 型电解电容,工作电压 220V。

分相起动式

槽数		主绕组			副绕组			堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器容量/μF
定子	转子	线规	每极匝数	平均半匝长/mm	线规	每极匝数	平均半匝长/mm				
24	18	1-0.56	297	148.2	1-0.38	247	158.3	12	3.0	1.8	75
		1-0.63	235	160.2	1-0.47	204	170.3	15			
24		1-0.71	206	170.4	1-0.53	206	182	21	2.8		100
		1-0.85	159	187.6	1-0.56	154	192	29			150
		1-1.0	147	198.2	1-0.63	133	211.2	37	2.5	1.8	200
	30	1-0.53	224	109.4	1-0.35	145	120.2	9	3.0		75
		1-0.60	183	121.4	1-0.38	124	132.2	12			
24		1-0.71	158	126.4	1-0.47	133	139	15	2.8		100
		1-0.85	124	143.4	1-0.50	134	155.8	21	2.5	1.8	
36	42	1-0.95	127	144.6	1-0.60	108	157.2	29			150
		1-1.06	96	165	1-0.63	120	177	37			

DO_2 型单相

型号	额定功率/W	额定电压/V	满载时 电流/A	满载时 转速/r·min⁻¹	满载时 效率(%)	满载时 功率因数	定子铁心 外径/mm	定子铁心 内径/mm	定子铁心 长度/mm	气隙长度/mm	槽数 定子	槽数 转子
DO_2-4512	10	220	0.20	2800	28	0.80	71	38	45	0.2	12	18
DO_2-4522	16		0.26		35							
DO_2-5012	25	220	0.33	2800	40	0.85	80	44				
DO_2-5022	40		0.42		42	0.90						
DO_2-5612	60		0.57		53		90	48	50	0.25	24	18
DO_2-5622	90		0.81		56							
DO_2-6312	120	220	0.91	2800	63	0.95	96	50	45			
DO_2-6322	180		1.29		67				54			
DO_2-7112	250		1.73		69		110	58	50			18
DO_2-4514	6	220	0.20	1400	17	0.80	71	38	45	0.2	12	
DO_2-4524	10		0.26		24							
DO_2-5014	16		0.28		33		80	44				
DO_2-5024	25	220	0.36	1400	38	0.82	80	44	45	0.2	12	18
DO_2-5614	40		0.49		45		90	54	50	0.25	24	
DO_2-5624	60		0.64		50	0.85						
DO_2-6314	90	220	0.94	1400	51		96	58	45	0.25	24	
DO_2-6324	120		1.17		55				54			30
DO_2-7114	180		1.58	1400	59	0.88	110	67	50	0.25	24	
DO_2-7124	250		2.04		62	0.90			62			

电容运转式

主绕组			副绕组			堵转电流/A	堵转转矩/额定转矩	最大转矩/额定转矩	电容器	
线规	每极匝数	平均半匝长/mm	线规	每极匝数	平均半匝长/mm				容量/μF	工作电压/V
1-0.18	868	106	1-0.16	971	106	0.8	0.60	1.8	1	630
1-0.20	750		1-0.19	796		1.0				
1-0.25	519	125.7	1-0.23	819	125.7	1.5			2	630
	489		1-0.25	698		2.0	0.50			
1-0.28	454	131.6	1-0.31	527	131.6	2.5		1.8	4	
1-0.33	363			467		3.2	0.35			
1-0.40	415	132		593	132	5.0				630
1-0.45	320	140.7	1-0.33	427	140.7	7.0			6	
1-0.50	271	148.1	1-0.45	382	148.1	10		1.8	8	430
1-0.18	700	83.3	1-0.16	675	83.3	0.5	1.0		1	630
1-0.20	600			620		0.8	0.60			
1-0.21	560	85.4	1-0.21	455	85.4	1.0			2	
1-0.25	436	85.4	1-0.21	435	85.4	1.5	0.50	1.8	2	630
1-0.28	356	98.7	1-0.23	508	98.7	2.0				
1-0.31	348		1-0.28	339		2.5			4	
1-0.35	302	93.7	1-0.31	374	93.7	3.2	0.35			
1-0.40	259	106.3		365	106.3	5.0		1.8		
1-0.42	206	109.4	1-0.38	330	109.4	7.0			6	430
1-0.47	165	121.4	1-0.42	268	121.4	10			8	

附表 2-3　单相轴流风扇及转页扇用电动机绕组技术数据

产品规格型号	极数	电压/V	频率/Hz	定子铁心长度/mm	槽数	主绕组		副绕组		线圈数量		其他	备注
						线径/mm	匝数	线径/mm	匝数	主相数	副相数		
400mm 轴流式通风扇	6	220	50	55	24	ϕ0.38	205	ϕ0.38	205	12	12	倒顺转	配用电容器 6 微法/400 伏
400mm 轴流式通风扇	6	220	50	55	24	ϕ0.38	205	ϕ0.27	416	12	12	单向转	配用电容器 2.5 微法/400 伏
400mm 轴流式通风扇	6	220	60	55	24	ϕ0.38	200	ϕ0.38	205	12	12	单/双向转	配用电容器 6 微法/400 伏
300mm 转页扇主电机	4	220	50	20	16	ϕ0.18	800	ϕ0.18	880	4	4	单向转	
50TYS-JB-01 转页扇微电机	12	220	3W	磁钢 $\phi23\times8$ 强度≥90mT		ϕ0.03~0.05	$(1.1\sim1.25)\times10^4$	出轴转速/6r·min⁻¹				线架尺寸 $\phi26\times10$ 双向转	转矩/N·cm 15
50TYS-JB-02 转页扇微电机	12	220	3W	磁钢 $\phi23\times8$ 强度≥90mT		ϕ0.03~0.05	$(1.1\sim1.25)\times10^4$	出轴转速/33r·min⁻¹				线架尺寸 $\phi26\times10$ 双向转	转矩/N·cm 8
M125917 转页扇微电机	12	220~240	3W	磁钢 $\phi23\times8$ 强度≥90mT		ϕ0.03~0.05	1.25×10^4	出轴转速/33r·min⁻¹				双向转	转矩/N·cn 6

附表 2-4　QD 型单相电泵铁心、绕组技术数据

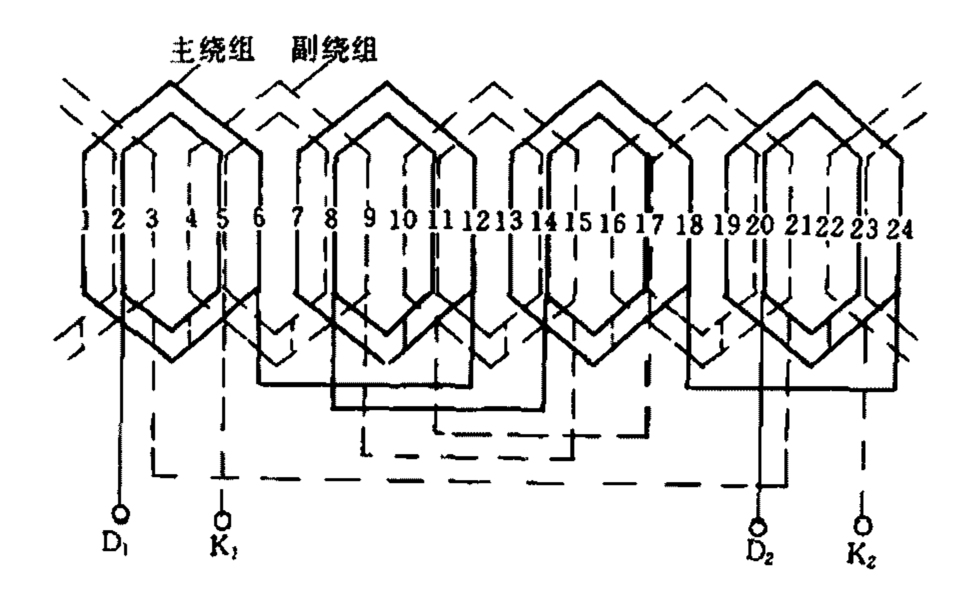
型号	功率 /kW	极数	定子铁心 外径 /mm	内径 /mm	长度 /mm	槽数	绕组 线规 QZ－2 (根-ϕ)	每圈匝数	每联圈数	每台联数	并联路数	绕组型式	节距	每台线重 /kg	型式（I 型 / II 型）	A	B	D(R)
QD7.8—6.5J	0.4	2	125	65	60	24	主 1-0.8	50、50 42、42	4	2	1	同心	1-12、2-11 3-10、4-9	0.6	II	85、72 58、45	148、132 116、100	44.5、38 32、27
							副 1-0.55	22、72 28、28	4	2	1	同心	7-18、8-17 9-16、10-15	0.31		85、72 58、45	148、132 116、100	44.5、38 32、27
QD6—9J	0.4	2	125	65	60	24	主 1-0.8	50、50 42、42	4	2	1	同心	1-12、2-11 3-10、4-9	0.6	II	85、72 58、45	148、132 116、100	44.5、38 32、27
							副 1-0.55	72、72 28、28	4	2	1	同心	7-18、8-17 9-16、10-15	0.31		85、72 58、45	148、132 116、100	44.5、38 32、27
QD3—15J	0.4	2	125	65	60	24	主 1-0.8	50、50 42、42	4	2	1	同心	1-12、2-11 3-10、4-9	0.6	II	85、72 58、45	148、132 116、100	44.5、38 32、27
							副 1-0.55	72、72 28、28	4	2	1	同心	7-18、8-17 9-16、10-15	0.31		85、72 58、45	148、132 116、100	44.5、38 32、27

附录三 家用电器用电动机绕组技术数据及部分绕组展开图

附表 3-1 洗衣机用电动机的铁心、

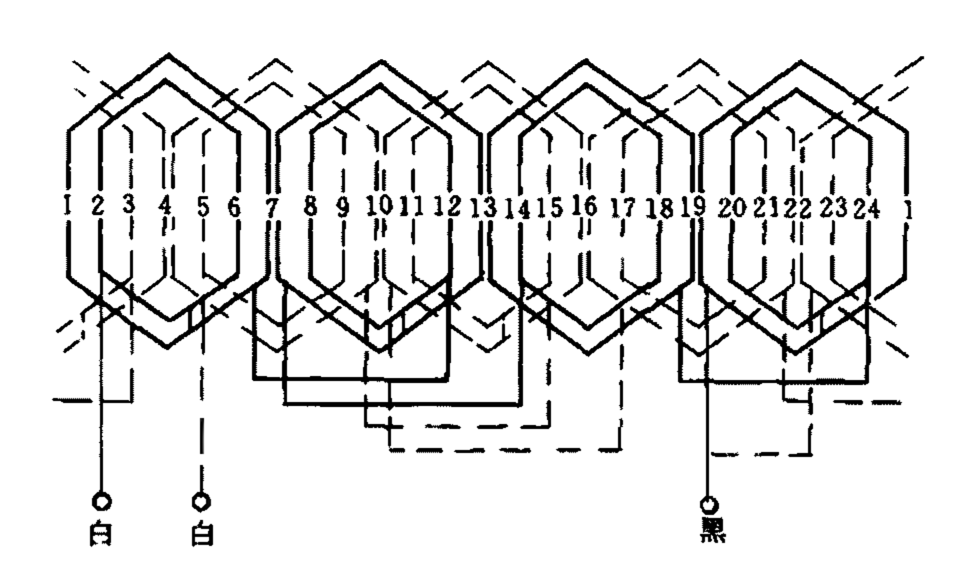
电动机型号	额定输出功率 /W	定子铁心			槽数	
		外径 /mm	内径 /mm	长度 /mm	定子	转子
XDC-X-2	85	方形 101×101	68	39	24	34
XDC-T-2	20			19		
JXX-90B	90	方形 124×124	80	25	24	34
XD-90	90	方形 120×120	70	30	24	22
XD-120	120			35		
XD-180	180			45		
XD-250	250			60		
XD-90	90	方形 107×107	65	35	24	30
XD-120	120			40		

气隙/mm	定子主绕组				定子副绕组			
	线径/mm	槽节距	匝数	电阻值/Ω(20℃)	线径/mm	槽节距	匝数	电阻值/Ω(20℃)
0.35	0.38	1-6	170	33.7	0.35	4-9	170	38.8
		2-5	80			5-8	80	
	0.25	1-6	310	109.2	0.19	4-9	455	276
		2-5	150			5-8	225	
0.20	0.41	1-7	107	37	0.41	4-10	107	37
		2-6	214			5-9	214	
0.30	0.42	1-6	220	32	0.42	4-9	220	32
		2-5	110			5-8	110	
	0.45	1-6	161	24.8	0.45	4-9	161	24.8
		2-5	118			5-8	118	
	0.53	1-6	160	18.5	0.53	4-9	160	18.5
		2-5	80			5-8	80	
	0.56	1-6	96	12.5	0.56	4-9	96	12.5
		2-5	69			5-8	69	
0.30	0.38	1-6	200	38.4	0.38	4-9	200	38.4
		2-5	100			5-8	100	
	0.41	1-6	176	27	0.41	4-9	176	27
		2-5	88			5-8	88	



XDC-X-2、XDC-T-2 电动机绕组展开图

注:1. 主绕组:节距 1-6 位于大槽在底层;节距 2-5 位于中槽;
副绕组:节距 4-9 位于小槽在面层;节距 5-8 位于中槽。
2. 洗衣电机“D_1”与“K_1”连接后作为“0”端;
脱水电机“D_2”与“K_2”连接后作为“0”端。



JXX-90B 电动机绕组展开图

XDL、XDS型洗衣机电机技术数据

型　号			XDL－90 XDS－90	XDL－120 XDS－120	XDL－180 XDS－180	XDL－250 XDS－250
额定功率/W			90	120	180	250
额定电压/V			220	220	220	220
额定频率/Hz			50	50	50	50
满载时	电流/A		0.88	1.1	1.54	2.0
	转速/$r\cdot min^{-1}$		1370	1370	1370	1370
	效率(%)		49	52	56	59
	功率因数		0.95	0.95	0.95	0.95
定子铁心	外径	/mm	107	107	107	107
	内径		68	68	68	68
	长度		34	40	50	62
气隙长度			0.35	0.35	0.35	0.35
槽数	定子		24	24	24	24
	转子		34	34	34	34
每套定子绕组	线径/mm		0.35	0.38	0.45	0.5
	每极匝数		296	253	195	156
	半匝平均长/mm		108.5	114.5	124.5	136.5
	绕组节距		1-7 2-6	1-7 2-6	1-7 2-6	1-7 2-6
堵转电流/A			2.0	2.5	4.0	5.5
堵转转矩/额定转矩			0.95	0.9	0.8	0.7
最大转矩/额定转矩			1.7	1.7	1.7	1.7
电容器容量/μF			8	9	12	16

注：定子有两套绕组，其线径、匝数、节距完全相同。电机采用E级绝缘。

附表 3-2　电风扇、排风扇用电动机

电动机类型	风扇类型	规格 /mm	额定输入功率 /W	额定频率 /Hz	额定电压 /V	风量 /$m^3 \cdot min^{-1}$	极数	定子铁心 外径 /mm	定子铁心 内径 /mm	定子铁心 长度 /mm	气隙长度 /mm
单相罩极异步电动机	台扇	200	32	50	220	16	2	60	30	25	0.35
								59	28	32	
		300	52			34	4	88	44.7		
		400	80			60		108/95.7	51		
	吊扇	900	70			140		123.6		30	0.3
三相异步电动机	排气扇	400	130	50	380	48	4	102	58	46	0.3
		500	125			65	6	120	72	40	0.25
		600	600			145	4			59	
		600	330			115	6		78	50	
		750	850			230		145	90	85	0.3

铁心绕组技术数据

定转子槽数 Z_1/Z_2	绕组 线规 d_c /mm	每极匝数	线圈数	节距	绕组形式	线模 长×宽×厚 /mm	功率因数	调速方法
/15	φ0.17	1270	2	-	集中绕组	34×34×7		电抗器 1
	φ0.19	800+500				42×30×5		抽头法
/17	φ0.27	510	4			40×27×6		电抗器 3
/22	φ0.47	450				40×31×10		电抗器 6
/57	φ0.38	550	6			44×23×20		电抗器 10
12/22	φ0.29	580		1~4	单层叠绕	49×85×12	0.61	
18/20		450	9			40×50×9	0.55	
24/18	φ0.44	150	12	1~6		60×75×8	0.71	
36/33	φ0.35	170	18				0.65	
24/22	φ0.72	80	12		单层链式	60×141×9	0.7	

电风扇、排气扇用单相电容运转

风扇类型	规格 /mm	额定输入功率 /W	额定频率 /Hz	额定电压 /V	风量 /$m^3 \cdot min^{-1}$	极数	定子铁心 外径 /mm	定子铁心 内径 /mm	定子铁心 长度 /mm	气隙长度 /mm	定转子槽数 Z_1/Z_2
台扇	250	31	50	220	24	4	88	44.7	20	0.35	8/17
	300	45			34				26		
							78	44.5	24		16/22
					50		85.5	46.5	20		
		44			33		78	44.5	22		
		46			42		82	44.56	24	0.38	
		42			51		80	44.5	26	0.3	
		44			57		73	40.3	26.5	0.35	
		45			45		88	49	22		
	350	54			46		88.5	49	25	0.35	16/22
		52			52		88	44.7	32		8/17
		50			55			49	20		16/22
					60		78	44.5	25		
		54			57		88		25		

异步电动机铁心、绕组技术数据

主绕组			副绕组			节距	绕组形式	线模 长×宽×厚 /mm³	电容器容量 /μF	调速方法
线规 d_c /mm	每槽匝数	线圈数	线规 d_c /mm	每槽匝数	线圈数					
φ0.17	935	4	φ0.15	1020	4	1~3	双层链式	34×35×4.5	1	电抗器 2
	850			1020 500+300	2		双层链式 L_{II} 型			抽头法
	634		φ0.19	620	4		双层链式	34×41×4.5	1.5	电抗器 4
	800		φ0.15	500+500		1~4	单层链式 L_{II} 型	主 32×32×7 副 34×36×7	1	抽头法
				1000						抽头法
φ0.19				960					1.2	
φ0.15	840			900						
φ0.17	800			1000						
φ0.21	720	4	φ0.17	930		1~4	单层链式	主 39×37×8 副 35×37×8		电抗器 5
φ0.19	760 650+110	3 1	φ0.19	480+480	4		单层 T 型	35×40×7	1.2	抽头法
φ0.23	560	4	φ0.19	790		1~3	双层链式	34×47×4.5		电抗器
φ0.21	720		φ0.17	930		1~4				
φ0.17	750		φ0.15	600+500					1.0	抽头法
φ0.21	720		φ0.17	930						电抗器

风扇类型	规格 /mm	额定输入功率 /W	额定频率 /Hz	额定电压 /V	风量 $/m^3 \cdot min^{-1}$	极数	定子铁心 外径 /mm	定子铁心 内径 /mm	定子铁心 长度 /mm	气隙长度 /mm	定转子槽数 Z_1/Z_2
台扇	400	60	50	220	75	4	88.5	49	35	0.35	16/22
		61			60		88.4		32		
		66			70		88	44.7			8/17
		58			72			49	35		16/22
顶扇	350						88	49	25		16/22
	400								35		
吊扇	900	47			140	14	118	20	23	0.25	28/45
	1200	63			215	18	134.75	70.5	25		36/48
	1400	77			270		138.8	60	28		
							136.6	63.5	32	0.5	
排气扇	400	150			48	4	102	60	36	0.35	24/18
	500	350			95		120	72	40	0.3	24/20
									56	0.25	24/18

主绕组			副绕组			节距	绕组形式	线模 长×宽×厚 /mm³	电容器容量 /μF	调速方法
线规 d_c /mm	每槽匝数	线圈数	线规 d_c /mm	每槽匝数	线圈数					
φ0.23	570	4	φ0.19	720		1~4	单层链式	主 39×44×8 副 35×44×8	1.2	电抗器 7
φ0.21	550		φ0.19	350+350			单层链式 LⅡ型	35×40×7		抽头法
φ0.23	530		φ0.17	890		1~3	双层链式			电抗器
φ0.23	570		φ0.19	720		1~4				电抗器
φ0.21	720	4	φ0.17	930	4	1~4	单层莲式	主 39×44×8 副 35×44×8	1.2	电抗器 8
φ0.23	570		φ0.19	720						电抗器 9
φ0.23	382	14	φ0.19	506	14	1~3	双层链式	40×24×8	1	无
φ0.27	280	18	φ0.25	328	18			43×21.5×11	2	电抗器 11
φ0.29	236			323		1~3 2~4		36×21.5×9	4	电抗器 12
φ0.31	440			620		1~3		50.5×21×11	2	无
φ0.31	260	6	φ0.31	260	6	1~3 1~5/4	单层交叉式	主 40×79×8 副 32×72×8	4	无
φ0.29	295		φ0.23	510		1~4 2~5	单层链式	主 62×35×8 副 62×31×8	2	
φ0.47	105		φ0.35	170		1~6		主 40×84×8 副 50×84×8	6	

序号	类型	规格/mm	铁心尺寸			
			形式	外形尺寸/mm	窗口尺寸/mm²	厚度/mm
1	台扇	200	U	φ10		
2		250	E	63.4×60.3	38.1×12.7	13
3		300				
4		300				
5		350		φ57	12	18
6		400		63.4×60.3	38.1×12.7	17
7		400		φ57	12	18
8	顶扇	350	E	φ57	12	18
9		400				
10	吊扇	900	E	63.4×60.3	38.1×12.7	18
11		1200				
12		1400	全封闭			20

技术数据

调速线圈		电枢线圈			备注
线规 d_c /mm	匝数	线规 d_c /mm	匝数	电压 /V	
φ0.17	1600				罩极式
φ0.17	1400+200+200	φ0.17	72+600	6.3	电容运转
φ0.27	750+100				罩极式
φ0.17	1100+250+200	φ0.17	70+300	6.3	电容运转
φ0.21	800+350+250	φ0.19	70	4	
φ0.41	380+70				罩极式
φ0.23	640+300+200	φ0.19	65	4	电容运转
φ0.23	200+850+350	φ0.19	70	4	电容运转
φ0.29	190+520+220		65		
φ0.38	250+100+100 +100+100+100				罩极式
φ0.27	380+120+110 +100+100+100				电容运转
φ0.38	414+69+81 +43+73+88				

附表 3-3　电冰箱压缩机用电动机

生产厂	北京电冰箱厂					
压缩机组(冰箱)型号	LD－5801		QF－21－75		QF－21－93	
额定电压/V	220		220		220	
额定电流/A	1.4		0.9		1.2	
输出功率/W	93		75		93	
额定转速/r·min^{-1}	1450		2850		2850	
定子绕组(采用 QF 漆包线)	运行	起动	运行	起动	运行	起动
导线直径/mm	0.64	0.35	0.59	0.31	0.64	0.35
匝数：最小圈	71		45		43	
小圈	96	30	87	40	62	33
中圈	125	40	101	60	80	41
大圈	65	50	117	70	93	45
最大圈			120	200 {+140, －60}	101	101 {+76, －25}
绕组总匝数	4×375	4×123	2×470	2×370	2×379	2×220
绕组电阻值/Ω	17.32	20.8	16.3	45.36		
绕组槽节距：最小圈	3		3		3	
小圈	5	5	5	5	5	5
中圈	7	7	7	7	7	7
大圈	9	9	9	9	9	9
最大圈			11	11	11	11
定子铁心槽数	32		24		24	
定子铁心叠厚/mm	28		25		36	

铁心、绕组技术数据

生产厂	天津医疗器械厂					
压缩机组(冰箱)型号	LD-1-6		5608-Ⅰ		5608-Ⅱ	
额定电压/V	220		220		220	
额定电流/A	1.1		1.6		1.6	
输出功率/W	93		125		125	
额定转速/r·min^{-1}	2850		1450		1450	
定子绕组(采用 QF 漆包线)	运行	起动	运行	起动	运行	起动
导线直径/mm	0.64	0.35	0.7	0.37	0.72	0.35
匝数:最小圈			62	33	59	
小圈	65	41	91	54	61	34
中圈	85	50	110	65	81	46
大圈	113	120{+95, -25}			46	50
最大圈	113	117{-20, +97}				
绕组总匝数	2×376	2×328	4×363	4×157	4×247	1×130
绕组电阻值/Ω	12	33	14	27.2	10.44	23.25
绕组槽节距:最小圈			3	3	3	
小圈	5	5	5	5	5	5
中圈	7	7	7	7	7	7
大圈	9	9			9	9
最大圈	11	11				
定子铁心槽数	24		32		32	
定子铁心叠厚/mm	35					

生产厂	沈阳医疗器械厂							
压缩机组(冰箱)型号	FB－515		FB－516 517(Ⅰ)		FB－505		FB－517(Ⅱ)	
额定电压/V	220		220		220		220	
额定电流/A	1.2～1.5		1.3～1.7		0.7		1.1	
输出功率/W	93		93		65		93	
额定转速/r·min⁻¹	1450		1450		2860		2860	
定子绕组(采用QF漆包线)	运行	起动	运行	起动	运行	起动	运行	起动
导线直径/mm	0.60	0.38	0.64	0.38	0.51	0.31	0.64	0.38
匝数:最小圈					88	53	41	
小圈	90		90	18	88	53	78	46
中圈	118	41	110	35	131	79	88	64
大圈	122	102	137	95	131	79	103	68
					175	104	105	78
最大圈								
绕组总匝数	4×330	4×143	4×337	4×148	2×618	2×368	2×415	2×248
绕组电阻值/Ω	19～20	24～25	14～16	21				
绕组槽节距:最小圈					3	3	3	
小圈	3		3	3	5	5	5	5
中圈	5	5	5	5	7	7	7	7
大圈	7	7	7	7	9	9	9	9
最大圈					11	11	11	11
定子铁心槽数	32		32		24		24	
定子铁心叠厚/mm	28		28		30		40	

注:1. 电动机均为电阻(分相)起动型;

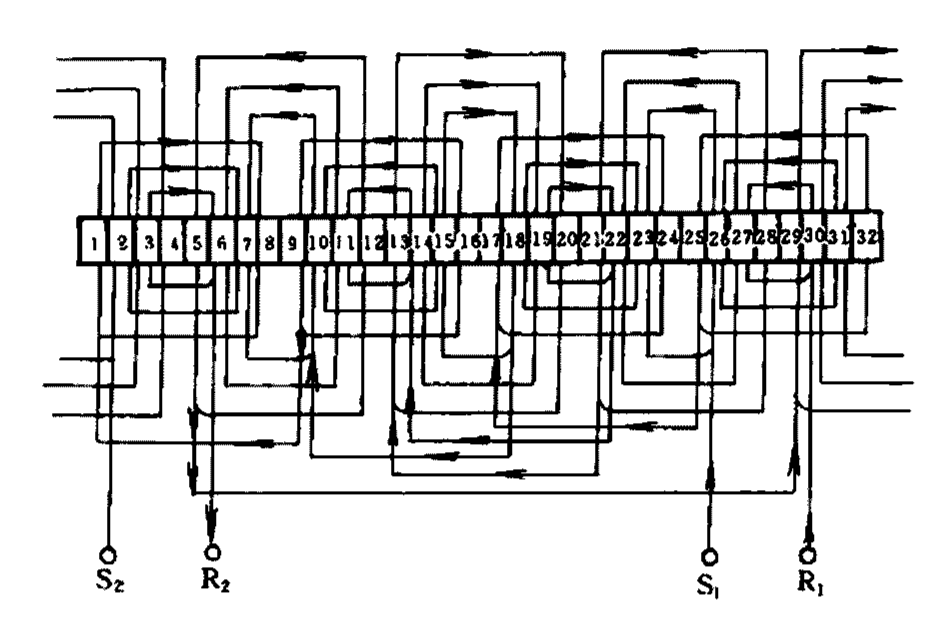
2.(　)中数据为经改进后的数据。表中数据,仅供维修参考。

续表

生产厂	北京电冰箱压缩机厂（北京第二轻工机械厂）				常熟机械总厂	
压缩机组（冰箱）型号	QF-21-65		QF-21-100		QZD-3.4	
额定电压/V	220		220		220	
额定电流/A	0.7		0.8		0.6	
输出功率/W	65		100		75（输入）	
额定转速/$r\cdot min^{-1}$	2850		2850		2850	
定子绕组（采用QF漆包线）	运行	起动	运行	起动	运行	起动
导线直径/mm	0.60	0.29(0.33)	0.6	0.32	0.45	0.31
匝数：最小圈	59(64)		53			
小圈	79(84)	57(39)	72	45	88	36
中圈	95(101)	64(45)	88	55	112	48
大圈	105(113)	74(50)	114	59	137	188 $^{+124}_{-64}$
最大圈	105(113)	87(152 $^{+107}_{-54}$)	114	195 $^{+127}_{-68}$	137	141 $^{+100}_{-41}$
绕组总匝数	2×443 (445)	2×242(286)	2×441	2×354	2×474	2×413
绕组电阻值/Ω					30.13	53.9
绕组槽节距：最小圈	3		3			
小圈	5	5	5	5	5	5
中圈	7	7	7	7	7	7
大圈	9	9	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11	11	11
定子铁心槽数	24		24		24	
定子铁心叠厚/mm	30±0.5		35±0.5		35	

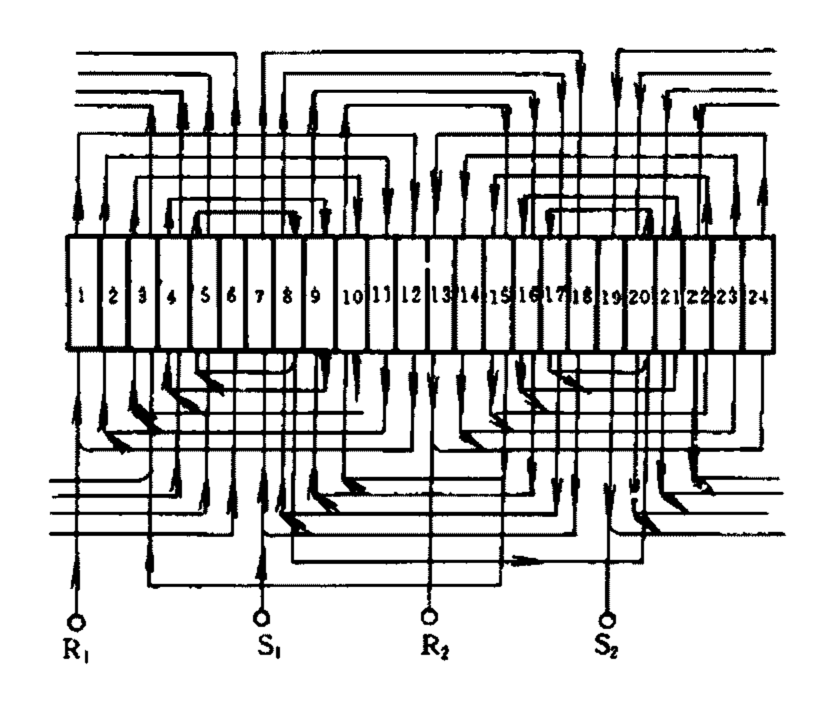
生产厂	日本日立公司			
压缩机组(冰箱)型号	HQ-651-BR		V1001R	
额定电压/V	220~242		220	
额定电流/A	1.0		0.91	
输出功率/W	62		93	
额定转速/$r \cdot min^{-1}$	2850		2850	
定子绕组(采用耐氟漆包线QF)	运行	起动	运行	起动
导线直径/mm	0.62	0.31	0.62	0.38
匝数:最小圈			71	
小圈	58		81	43
中圈	76	64	99	52
大圈	102	72	116	60
最大圈	108	82	104	66
绕组总匝数	2×344	2×218	2×471	2×221
绕组电阻值/Ω	15	37	19.15	24
定子槽数	24		24	
绕组槽节距:最小圈			3	
小圈	5		5	5
中圈	7	7	7	7
大圈	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11
备注	电阻(分相)起动		电阻(分相)起动	

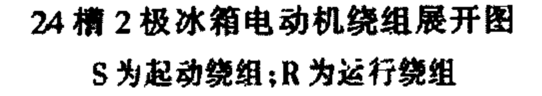
生产厂	日本东芝公司		苏联"波留沙-10"	
压缩机组(冰箱)型号	KL-12M		JIXK-240	
额定电压/V	220		220	
额定电流/A	0.95			
输出功率/W	80		135	
额定转速/$r \cdot min^{-1}$	2850		2850	
定子绕组（采用耐氟漆包线 QF）	运行	起动	运行	起动
导线直径/mm	0.57	0.41	0.61	0.33
匝数:最小圈				
小　圈	80		64	34
中　圈	106		92	43
大　圈	110	128	108	139 $^{+98}_{-41}$
最大圈	118	130	120	140 $^{+98}_{-42}$
绕组总匝数	2×414	2×258	2×384	2×356
绕组电阻值/Ω	8.5+8.5	20.5	15	44
定子槽数	24		24	
绕组槽节距:最小圈				
小　圈	5		5	5
中　圈	7		7	7
大　圈	9	9	9	9
最大圈	11	11	11	11
备注	电容起动			



32 槽 4 极冰箱电动机绕组展开图

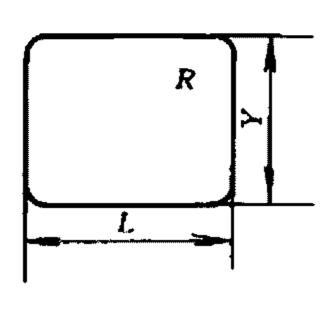
S 为起动绕组;R 为运行绕组





24 槽 2 极冰箱电动机绕组展开图

S 为起动绕组;R 为运行绕组



YYKF-120-4

风扇线模尺寸图

附表 3-4 空调器风扇用电动机铁心、绕组技术数据

YYKF－120－4 型电动机铁心数据

项 目	外 径	叠 厚	槽 数	气 隙
定子铁心	ϕ139.8	40±1	36	0.3
转子铁心	ϕ82		44	

YYKF－120－4 型 220 伏电动机绕组数据

绕组类型	跨 距	L	Y	R	线 径	匝 数
主绕组	1－9	68	76	8	ϕ0.42	139
	2－8	58	56	5		123
	3－7	50	38	3		88
副绕组 Ⅰ	3－8	50	42	3	ϕ0.31	88
	2－9	58	58	5		220
	1－10	68	76	8		280
副绕组 Ⅱ	2－9	58	58	5	ϕ0.31	220
	3－8	50	42	3		88
调速绕组	1－9	68	76	8	ϕ0.42	35
	2－8	58	56	5		31
	3－7	50	38	3		24

YYKF－120－4 型 380 伏电动机绕组数据

绕组类型	跨 距	L	Y	R	线 径	匝 数
主绕组	1－9	68	76	8	ϕ0.33	227
	2－8	58	56	5		198
	3－7	50	38	3		143
副绕组 Ⅰ	3－8	50	42	3	ϕ0.29	175
	2－9	58	58	5		207
	1－10	68	76	8		216
副绕组 Ⅱ	2－9	58	58	5	ϕ0.29	207
	3－8	50	42	3		175
调速绕组	1－9	68	76	8	ϕ0.29	58
	2－8	58	56	5		50
	3－7	50	38	3		36

附录四　电动机重绕常用材料参考表

附表 4-1　漆包圆电磁线

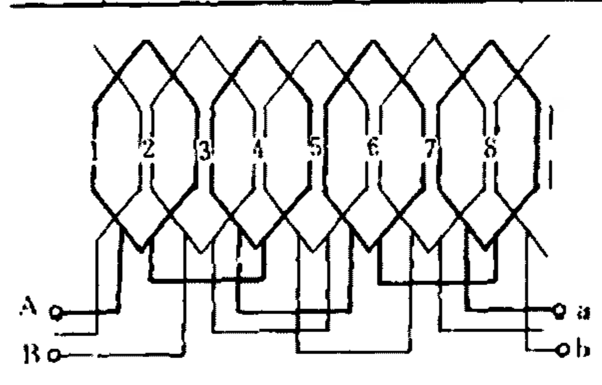
标称直径 /mm	最大外径 /mm	截面积 /mm^2	重量 /$kg\cdot km^{-1}$	20℃时电阻 /$\Omega\cdot km^{-1}$
0.10	0.125	0.00785	0.075	2400
0.11	0.135	0.00950	0.091	2100
0.12	0.145	0.0113	0.1073	1880
0.13	0.155	0.0133	0.1253	1480
0.14	0.165	0.0154	0.145	1180
0.15	0.18	0.0177	0.158	994
0.16	0.19	0.0201	0.179	873
0.17	0.2	0.0227	0.202	773
0.18	0.21	0.0254	0.227	688
0.19	0.22	0.0284	0.253	618
0.2	0.23	0.0315	0.28	558
0.21	0.24	0.0347	0.309	507
0.23	0.27	0.0415	0.27	423
0.25	0.29	0.0492	0.437	357
0.27	0.31	0.0573	0.51	306
0.29	0.33	0.066	0.589	266
0.31	0.35	0.0755	0.673	233
0.33	0.37	0.0855	0.762	205
0.35	0.39	0.0962	0.857	182
0.38	0.42	0.1134	1.01	155
0.41	0.45	0.132	1.17	133
0.44	0.48	0.1521	1.35	115
0.47	0.51	0.1735	1.54	101
0.49	0.53	0.1886	1.67	93.1
0.51	0.56	0.204	1.82	85.9
0.53	0.58	0.221	1.96	79.3
0.55	0.6	0.238	2.11	73.9
0.57	0.62	0.255	2.26	68.7
0.59	0.64	0.273	2.43	64.3
0.62	0.67	0.302	2.69	57.9
0.64	0.69	0.322	2.89	54.6

规格及电阻值

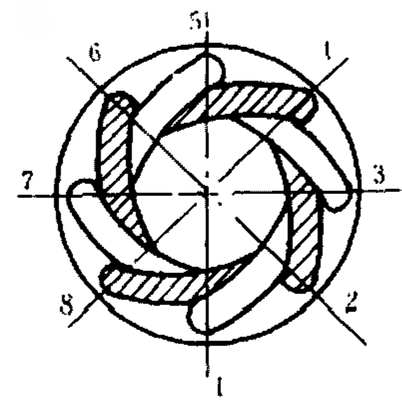
标称直径 /mm	最大外径 /mm	截面积 /mm^2	重量 /$kg \cdot km^{-1}$	20℃时电阻 /$\Omega \cdot km^{-1}$
0.67	0.72	0.353	3.14	49.7
0.69	0.74	0.374	3.33	40.9
0.72	0.77	0.407	3.72	43
0.74	0.8	0.43	3.83	40.8
0.77	0.83	0.466	4.15	37.6
0.8	0.86	0.503	4.48	34.9
0.83	0.89	0.541	4.88	32.4
0.86	0.92	0.581	5.17	30.2
0.9	0.96	0.636	5.67	27.5
0.93	0.99	0.679	6.05	25.8
0.96	1.02	0.724	6.45	24.2
1	1.08	0.785	7	22.4
1.04	1.12	0.849	7.87	20.6
1.08	1.16	0.916	8.16	19.2
1.12	1.2	0.986	8.78	17.75
1.16	1.24	1.057	9.41	16.6
1.2	1.28	1.131	10	15.5
1.25	1.33	1.227	10.9	14.3
1.3	1.38	1.327	11.8	13.2
1.35	1.43	1.431	12.7	12.2
1.4	1.48	1.539	13.7	11.4
1.45	1.53	1.651	14.7	10.6
1.5	1.58	1.767	15.7	9.89
1.56	1.64	1.911	17	9.18
1.62	1.7	2.06	18.3	8.5
1.68	1.76	2.22	19.7	7.92
1.74	1.82	2.38	21.1	7.36
1.81	1.9	2.57	22.9	6.83
1.88	1.97	2.78	24.7	6.3
1.95	2.04	2.99	26.6	5.87
2.1	2.2	3.46	30.8	5.06

附表 4-2 常用绝缘材料耐热等级与配用电磁线参考表

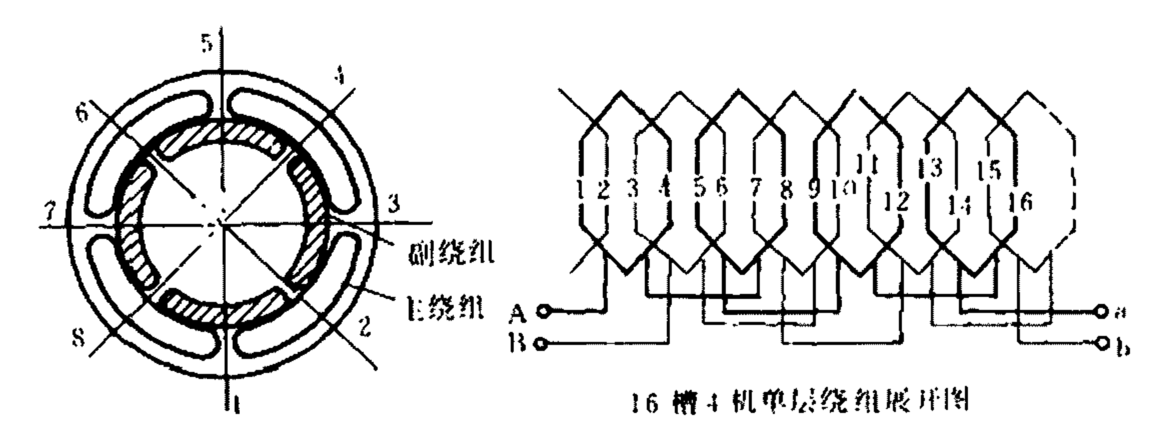
分类	耐热极限温度(℃)	绝缘材料	配用电磁线
A	105	经过浸漆处理的棉纱、木、纸等有机材料。如层压板、纸板、黄蜡布	单纱油性漆包线、双纱包线、纸包线等(油性漆包线不宜单独做电机绕组用)
E	120	在A级材料上复合或垫衬一层耐热有机漆膜。如聚酯薄膜青壳纸复合绝缘、聚酯薄膜玻璃丝布复合绝缘等	高强度聚酯漆包线(QZ)、高强度聚乙烯醇缩醛漆包线(QQ)
B	130	用云母、石棉、玻璃纤维等无机材料为基,以A级材料补强,用有机漆胶合成的。如云母纸板、醇酸树脂玻璃漆布、石棉纸等	高强度聚酯漆包线(QZ),双玻璃丝包线
F	155	与B级材料同,但使用耐热硅有机漆胶合而成。如硅有机玻璃漆布等	聚酰亚胺漆包线、硅有机漆浸渍的双玻璃丝包线等
H	180	与B级材料同,但没有A级材料补强	硅有机漆浸渍的双玻璃丝包线



8槽1极双层绕组展开图



(a) 8槽正规嵌线方法



16槽4极单层绕组展开图

(b) 8槽简便嵌线方法

附表 4-3 各种电磁线型号、名称表

型 号	名称、特性	型 号	名称、特性
Q	油性漆包圆铜线(属 A 级)	QQSBC	单玻璃丝包高强度漆包圆铜线
QQ	高强度聚乙烯醇缩醛漆包圆铜线	SBEC	双玻璃丝包圆铜线
QZ	高强度聚酯漆包圆铜线(属 B 级)	SBELC	双玻璃丝包圆铝线
QZL	高强度聚酯漆包圆铝线	QQB	缩醛漆包扁铜线
QY	耐高温聚酰亚胺漆包圆铜线	QZB	高强度聚酯漆包扁铜线
QSR	单人丝(合成)漆包圆铜线	ZB	纸包扁铜线
QXY	高强度漆包圆铜线(属 H 级)	SBECB	双玻璃丝包扁铜线
QHNS	高强度耐水漆包圆铜线	YML	氧化膜铝线，耐热(耐辐射性)
QM	单纱漆包圆铜线	M	单纱包圆铜线
QME	双纱漆包圆铜线	ME	双纱包圆铜线

附表 4-4 漆包圆电磁线绝缘层厚度参考表

线 径/mm	Q	QQ	QZ
0.05～0.09	0.015	0.03	0.03
0.10～0.19	0.02	0.03～0.04	0.03～0.04
0.20～0.27	0.025	0.04～0.05	0.04～0.05
0.29～0.41	0.04	0.05～0.06	0.05～0.06
0.44～0.69	0.05	0.06～0.07	0.06～0.07
0.72～0.96	0.06	0.08～0.09	0.08～0.09
1.00～1.56	0.08	0.11	0.11
1.62～2.05	0.09	0.11	0.11
2.02～2.44	0.10	0.12	0.12

附表 4-5　常用绝缘材料名称、型号、用途参考表

名称		型号	浸渍漆	耐热等级	主要用途
薄膜	聚酯薄膜	2820		E (B)	中小型电机槽、匝间、相间绝缘；其它低压电器绝缘
	聚四氟乙烯薄膜	SFM(定向/不定向)		H	中小型电机衬垫绝缘；工作温度 -60 ~ +250℃
	聚脂薄膜青壳纸	2920		E	低压小型电机、电器衬垫绝缘
	聚酯薄膜玻璃漆布箔	2252		E (B)	湿热带用电机、电器衬垫绝缘与槽绝缘
玻璃漆布带	油性玻璃漆布带	2201 2412	油性玻璃漆	A	电机衬垫绝缘与线圈绝缘；代替黄漆布绸
	黑玻璃漆布带	2430	沥青醇酸漆	E (B)	一般为大型电机衬垫绝缘和线圈绝缘；代替黑漆布，但不耐石油制品
	三聚氰胺醇酸玻璃漆布带	2432	醇酸漆	E (B)	湿热带用或高温油中电机、电器衬垫绝缘与线圈绝缘
	硅有机玻璃漆布带	2450	有机硅漆	H	耐高温电机、电器衬垫、线圈绝缘
	环氧玻璃漆布带	2433	环氧脂漆	E (B)	包扎环氧脂浇注的特种电机、电器线圈

漆布带	黄漆布带	2010 2011 2012 2015 2016 2017	油基漆	A	一般低压电机、电器衬垫绝缘与线圈绝缘包扎
	黑漆布带	2110 2111 2114	沥青漆	A	一般低压电机、电器衬垫绝缘与线圈绝缘包扎；但不耐油
	黄漆绸	2210 2211 2212	油基漆	A	A、E 级绝缘电机、电器薄层衬垫或线圈绝缘包扎
云母板带	虫胶换向器云母板	5533 5535		A	直流电机换向片间绝缘
	环氧换向器粉云母板	5536		B	中小型电机滑环间、换向片间绝缘
	沥青绸云母带	5032 5033		AEB	一般电机、电器线圈绝缘；高压用 5033
	沥青玻璃云母带	5034 5035		AEB	同上；高压用 5035
	醇酸绸云母带	5432		B	同上
	醇酸玻璃云母带	5434		B	同上
	环氧粉云母带			B	中大型高压电机和低压交直流电机线圈绝缘和对地绝缘

附表 4-6 常用绝缘漆名称、型号、性能、用途参考表

名称		型号	溶剂	干燥方式	漆膜干燥条件 ℃	漆膜干燥条件 h	耐热等级	主要性能与用途
沥青漆		1010 1011 1210 1211	200号 二甲苯	烘 气干	105 20	6 3 10 3	AE(B) AE(B) AE AE	耐湿,耐温变,不耐油;用于电机定、转子绕组覆盖
绝缘浸	耐油清漆	1012	200号	烘	105	2	A	耐油、湿;用于电机绕组浸渍
	甲酚清漆	1014	有机溶剂	烘	105	0.5	A	耐油、湿;用于电机绕组浸渍,但不适用漆包线绕组
	晾干醇酸清漆	1231	200号 二甲苯	气干	20	20	B	用于绝缘零件表面覆盖
	醇酸清漆	1030	甲苯,二甲苯	烘	105	2	B	耐油;用于浸渍电机绕组或覆盖
	丁基酚醛醇酸漆	1031	200号 二甲苯	烘	120	2	B	耐热、湿;用于湿热带电机绕组浸渍
	三聚氰胺醇酸树脂漆	1032	200号 二甲苯	烘	105	2	B	耐热油、电弧;用于湿热带电机绕组浸渍

浸渍漆	环氧脂漆	1033	二甲苯 丁　醇	烘	120	2	B	耐油、热、湿；用于湿热带电机绕组浸渍或零部件表面覆盖
	气干环氧脂漆		二甲苯	气干	25			低温干燥快，性能同1033；用于低温烘干的湿热带电器零部件表面覆盖
	胺基酚醛醇酸树脂漆		200号 二甲苯	烘	105	1	B	固化性好；用于油性漆包线电机、电器线圈浸渍
	无溶剂漆	515		烘	130	1/6	B	耐温，固化快，不需溶剂；用于浸渍电器线圈
	硅有机清漆	1050 ～ 1053	甲　苯	烘 气干	200 20	1/2 1/4	H H	耐油、耐霉；用于高温电机、电器线圈浸渍或零部件表面修补
覆盖磁漆	灰磁漆	1320	二甲苯	烘	105	3	E	耐油、电弧，但耐湿性、介电性能差；用于电机、电器线圈覆盖
	红磁漆	1322	二甲苯	烘	105	3	E	同上
	气干红磁漆	1323	二甲苯	气干	20	24	E	性能同1320；用于低温烘干的电机、电器线圈覆盖或零部件表面修补
	硅有机磁漆	1350	二甲苯	烘	200	3	H	耐热、湿，耐冲击，介电性能好；用于高温电机、电器线圈覆盖

参考书目

〔1〕浙江大学电工学教研室，罗守信等．电工学（上册）．第3版．北京：高等教育出版社，1985
〔2〕大连理工大学电工学教研室，蒋德川等．电工学（第三版电工技术）．北京：高等教育出版社，1991
〔3〕华中师范学院等．电工学．北京：高等教育出版社，1983
〔4〕郭五昌．单相异步电动机原理、计算与试验．河北科学技术出版社，1984
〔5〕许上明、肖如玉等．小功率异步电动机修理．上海：上海科学技术出版社，1991
〔6〕潘品英、章寿朴、金续曾．电动机绕组修理．上海：上海科学技术出版社，1984
〔7〕何报杏．怎样维修电动机．北京：金盾出版社，1992
〔8〕上海市电子电器技术协会．家用电器的使用与修理．上海：上海科学技术出版社，1987
〔9〕上海市电子电器技术协会．中小微型电机修理手册．上海：上海科学技术出版社，1990
〔10〕祝志斌．中小微型电机技术数据大全．北京：兵器工业出版社，1992